

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CAMPUS KENNEDY

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELÉCTRICO

**ESTUDIO Y PLAN DE FACTIBILIDAD PARA ENTREGAR EXCEDENTES
DE ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA DE BAJA TENSIÓN A UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA**

AUTOR:

EDISON NORBERTO LÓPEZ RECALDE

AUTOR:

JUAN ANDRÉS GARZÓN LÓPEZ

DIRECTOR:

JUAN CARLOS HERRERA HEREDIA

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Edison Norberto López Recalde y Juan Andrés Garzón López autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 25 de agosto del 2013

Edison Norberto López Recalde
CC: 171645514-0

Juan Andrés Garzón López
CC: 171875607-3

CERTIFICA

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y económicos de la tesis “Estudio y plan de factibilidad para entregar excedentes de energía renovable fotovoltaica de baja tensión a una empresa distribuidora” realizada por los Sres. Edison Norberto López Recalde y Juan Andrés Garzón López, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 25 de agosto del 2013

Ing. Juan Carlos Herrera Heredia
DIRECTOR

DEDICATORIA.

Edison Norberto López Recalde
Este proyecto es dedicado
Con mucho amor
A ti Dios mío,
por darme la oportunidad de existir así,
aquí y ahora; por mi vida, que la
he vivido junto a ti.
Gracias por iluminarme, darme fuerzas
y caminar por tu sendero.
A mis queridos padres Edison y Carmen
ya que con su cariño y amor
han sabido guiarme en el camino de la vida.
A mi padre que es el pilar y ejemplo de mi vida
para salir adelante,
mi querida madre, que siempre estuvo
a mi lado con sus consejos y su apoyo incondicional.
A mis hermanos Alisson y Fernando,
por estar siempre presentes.
A mi novia Jessica,
por su amor y comprensión
en cada uno de los momentos de mi vida.

DEDICATORIA.

Juan Andrés Garzón López

Este proyecto es dedicado

Con mucho amor a

*Dios y la Virgen María quienes siempre
guían mi camino y me llenan de bendiciones
en el sendero de la vida.*

*A mis padres Washington y Rosario por
darme la vida y ser quienes inculcaron
en mí valores, principios,*

*perseverancia para conseguir mis metas,
por su apoyo, sus consejos y la educación,*

*a mi padre que desde el cielo siempre
estará a mi lado, a mi madre por su amor
y sacrificio para poder lograr este fin.*

*A mi hermano Jorge por estar siempre
presente y su apoyo sincero.*

*A mi novia Carina por ser parte de mi vida,
por su amor incondicional,*

*por apoyarme en todo momento,
por ser la persona que me llena de felicidad
y estar conmigo en las buenas y en las malas.*

*A mis abuelitos por ese cariño infinito
que me brindan a cada instante y haberme cuidado siempre.*

AGRADECIMIENTO.

*Edison Norberto López Recalde;
A la Universidad Politécnica Salesiana,
porque en sus aulas, recibí el
conocimiento intelectual y humano
de cada uno de los docentes
de la Facultad de ingeniería eléctrica
especial agradecimiento a nuestro
Director de Tesis el Ing. Juan Carlos Herrera por
sus consejos y amistad.
A todos los ingenieros que me brindaron
su conocimiento, experiencia, y me orientaron
para poder llevar a cabo este proyecto.
Muchas gracias a todos...*

AGRADECIMIENTO.

Juan Andrés Garzón López;

*A esta prestigiosa Universidad la cual me abrió
las puertas para realizarme como profesional
y formarme como una persona..*

A mi director de Tesis

*el Ingeniero Juan Carlos Herrera
quien puso todo su conocimiento,
experiencia, paciencia y orientación
para poder llevar a cabo esta investigación.*

*A mis docentes a quienes les debo parte de mi conocimiento
por su entrega y enseñanzas a lo largo de mi vida estudiantil.*

*A la Ingeniera Paola Sánchez
por su apoyo en el desarrollo de la Tesis.*

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	II
CERTIFICA	III
DEDICATORIA.	IV
DEDICATORIA.	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
CAPITULO 1	1
CONTEXTO ENERGÉTICO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Energía solar fotovoltaica	1
1.2.2 La energía solar.....	2
1.2.3 Historia.....	3
1.2.4 Energía fotovoltaica.....	3
1.2.5 Células fotovoltaicas.....	4
1.2.6 Funcionamiento	6
1.2.7 Paneles Fotovoltaicos	8
1.2.8 Batería.....	16
1.2.9 Regulador de carga	18
1.2.10 Inversor	19
1.2.11 Protecciones	20
1.2.12 Generación solar fotovoltaica	21
1.2.12.1 Sistemas de generación aislados	22
1.2.12.2 Sistemas conectados a la red.....	23
1.2.12.3 Sistemas híbridos	24
1.2.13 Ventajas de los sistemas solares fotovoltaicos	25
1.2.14 Desventajas de los sistemas solares fotovoltaicos	25
1.3 Radiación solar.....	26
1.3.1 Tipos de radiación solar	27
1.3.2 Dirección de la radiación solar	28
1.3.3 Irradiancia	30
1.3.4 Irradiación.....	30

1.3.5 Insolación-heliofanía	30
1.3.6 Unidades en energía solar	31
1.4 Determinación del recurso solar.....	31
1.4.1 Cuantificación del recurso solar	31
1.4.2 Instrumentos de medición.....	31
1.4.2.1 Solarímetro - piranómetro.....	32
1.4.2.2 Heliógrafo	33
1.4.2.3 Actinómetro –Pirheliómetro	33
1.4.2.4 Actinógrafo	34
1.5 Recurso solar en el Distrito Metropolitano de Quito	34
1.5.1 Atlas solar del Ecuador	35
1.5.2 Recurso solar.....	35
1.5.2.1 Irradiación difusa	35
1.5.2.2 Irradiación directa	36
1.5.2.3 Irradiación global.....	37
CAPITULO 2.....	41
DEMANDA	41
2.1 Determinación de la demanda tipo.....	41
2.1.1 Relevancia de la demanda eléctrica	41
2.1.2 Consumo de energía eléctrica	42
2.1.3 Demanda eléctrica.....	42
2.1.4 Cargos por demanda	42
2.1.5 Medición de la demanda	43
2.1.6 Estimación de la demanda	43
2.1.6.1 Receptores de energía eléctrica.....	43
2.1.6.2 Factores de demanda.....	45
2.1.7 Tarifas de baja tensión	47
2.1.7.1 Tarifa residencial	47
2.1.7.2 Tarifa residencial temporal	48
2.1.7.3 Tarifa general de baja tensión	49
2.1.8 Precio preferente de energía solar fotovoltaica.....	54
2.1.9 Demanda eléctrica del Ecuador	55
2.1.9.1 Tipos de demanda de energía eléctrica	56
2.1.9.2 Evolución en el consumo de energía eléctrica.....	57

2.2 Determinación de la demanda tipo residencial	58
2.2.1 Demanda tipo residencial.....	58
2.2.2 Clasificación de consumidores residenciales.....	59
2.2.3 Clasificación de los consumidores por estratos	60
2.3 Determinación de la demanda tipo comercial e industrial	61
2.3.1 Determinación de la demanda de diseño	62
2.3.2 Consumo de energía en el sector comercial.....	64
2.3.3 Consumo de energía en el sector industrial	65
2.4 Análisis de demandas en el Distrito Metropolitano de Quito.	66
2.4.1 Sector residencial a nivel nacional.....	67
2.4.2 Abonados anuales en Distrito Metropolitano de Quito.	68
2.4.3 Demanda anual en el Distrito Metropolitano de Quito.....	70
2.4.4 Pliego tarifario de la Empresa Eléctrica Quito.	72
CAPITULO 3	75
SISTEMA DE GENERACION	75
3.1 Estudio y diseño del sistema de generación de energía renovable solar fotovoltaica.....	75
3.1.1 Disposiciones generales del sistema de generación.....	76
3.1.2 Ámbito de aplicación y definiciones	77
3.1.3 Conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.....	78
3.1.4 Condiciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en baja tensión.	80
3.1.5 Diseño del sistema	81
3.1.6 Análisis de radiación solar	81
3.1.7 Cálculo de voltaje del sistema	83
3.1.8 Configuración del sistema	83
3.1.9 Integración del sistema fotovoltaico	83
3.1.10 Cálculo de orientación e inclinación de módulos en el Distrito Metropolitano de Quito.....	84
3.1.11 Distancia entre módulos.....	85
3.1.12 Estructura para el sistema fotovoltaico	86
3.1.13 Requisitos del arreglo fotovoltaico	88
3.1.14 Parámetros del módulo fotovoltaico a seleccionar	89
3.1.15 Elección del inversor	93
3.1.16 Conductores eléctricos.....	94

3.1.17 Canalizaciones de protección.....	97
3.1.18 Protecciones	98
3.1.19 Medidores Bidireccionales	101
3.1.20 Estudio y análisis del sistema de generación solar fotovoltaica para el Distrito Metropolitano de Quito.	103
3.2 Diseño computacional del dimensionamiento de los equipos.....	120
3.3 Diseño de planos unifilares de la demanda o carga tipo.....	126
3.4 Análisis de generación de excedentes de energía renovable solar fotovoltaica.	135
3.4.1 Demanda promedio para un usuario tipo Residencial	135
3.4.2 Irradiación y generación de energía solar fotovoltaica en el Distrito Metropolitano de Quito.....	138
CAPITULO 4	154
FACTIBILIDAD DE RESULTADOS	154
4.1 Resultados Técnicos.....	154
4.1.2 Resultados del sistema generación fotovoltaica	154
4.2 Resultados de diseño de generación.....	170
4.2.1 Sensibilidad de resultados técnicos.....	170
4.3 Costo beneficio.....	174
4.3.1 Datos de partida	177
4.3.2 Estadística de precios de venta y compra de energía eléctrica	179
4.3.3 TIR, VAN, y Relación Costo / Beneficio	182
4.4 Verificación de Hipótesis	195
CONCLUSIONES	196
RECOMENDACIONES	198
Referencias.....	200

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Componentes de una célula fotovoltaica	4
Figura 1.2 Panel Solar vista lateral y frontal	8
Figura 1.3 Conexión diodos bypass, modulo fotovoltaico.....	10
Figura 1.4 Conexión diodos de bloqueo, modulo fotovoltaico	11
Figura 1.5 Diagrama de conexión en serie, módulos fotovoltaicos	12
Figura 1.6 Diagrama de conexión en paralelo, módulos fotovoltaicos.....	13
Figura 1.7 Curva característica I – V de un panel fotovoltaico	14
Figura 1.8 Variación de la curva con la temperatura.	15
Figura 1.9 Variación de la curva con la irradiancia a una T. constante de 25°C.	15
Figura 1.10 Curva característica de descarga de una batería.	18
Figura 1.11 Esquema de un sistema solar fotovoltaico.....	22
Figura 1.12 Esquema de un sistema aislado de la red eléctrica	23
Figura 1.13 Esquema de un sistema conecta a la red eléctrica	23
Figura 1.14 Esquema de un sistema híbrido	24
Figura 1.15 Radiación solar	26
Figura 1.16 Tipos de radiación solar.....	28
Figura 1.17 Posición del sol	30
Figura 1.18 Piranómetro.....	32
Figura 1.19 Heliógrafo	33
Figura 1.20 Pirheliómetro	34
Figura 1.21 Actinógrafo	34
Figura 1.22 Promedio de insolación, cielo despejado.....	38
Figura 2.1 Viviendas en el país que dispones de energía eléctrica-censo 2010.....	55
Figura 2.2 Curvas de cargas días; laborables, semi laborables, feriados	56
Figura 2.3 Consumo de energía eléctrica por sector	57
Figura 2.4 Evolución en el consumo de energía eléctrica.....	58
Figura 2.5 Consumo de energía en el sector comercial	65
Figura 2.6 Distribución de la carga eléctrica instalada en el sector textil.....	66
Figura 2.7 Consumo de energía en el sector industria	66
Figura 2.8 Utilización final de la energía eléctrica en la región Sierra.....	67
Figura 2.9 Consumo en GWh de energía eléctrica a nivel nacional en el 2010	68
Figura 3.1 Instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	83

Figura 3.2 Distancia entre módulos solares fotovoltaicos.	85
Figura 3.3 Estructura de sujeción del módulo fotovoltaico	87
Figura 3.4 Sujeción del módulo fotovoltaico	87
Figura 3.5 Cable concéntrico bipolar para corriente continua	94
Figura 3.6 Diagrama Unifilar de conexión de la instalación fotovoltaica	101
Figura 3.7 Plano arquitectónico losa accesible de la residencia Alfaro ubicada en Quito, Cumbaya. Urbanización Bosques de San Pedro	104
Figura 3.8 Dimensiones del área útil para la generación solar fotovoltaica	106
Figura 3.9 Campo generador fotovoltaico en el emplazamiento.	113
Figura 3.10 Conexión eléctrica del inversor sunyy boy 1700 parte posterior del equipo	116
Figura 3.11 Conexión de tres inversores sunny boy a la red eléctrica.....	117
Figura 3.12 Esquema de Interconexión a la red eléctrica de un sistema solar fotovoltaico	119
Figura 3.13 Programa de dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red de distribución	120
Figura 3.14 Elección del módulo fotovoltaico	121
Figura 3.15 Temperatura de operación del módulo fotovoltaico.	121
Figura 3.16 Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos	122
Figura 3.17 Voltajes máximos de operación del módulo fotovoltaico	122
Figura 3.18 Datos del emplazamiento para la generación de energía solar	123
Figura 3.19 Selección del inversor DC / AC.....	123
Figura 3.20 Características del arreglo fotovoltaico	124
Figura 3.21 Características del campo generador fotovoltaico.....	124
Figura 3.22 Dimensionamiento de las protecciones eléctricas	125
Figura 3.23 Sección del conductor utilizado en la instalación.....	125
Figura 3.24 Esquema, fotovoltaico de funciones de operación	126
Figura 3.25 Diagrama unifilar de conexión entre paneles fotovoltaicos y caja de protección en DC.....	128
Figura 3.26 Diagrama unifilar de conexión entre protecciones eléctricas DC y el inversor.....	130
Figura 3.27 Diagrama de conexión entre el tablero de distribución principal y medidor bidireccional.....	132

Figura 3.28 Diagrama unifilar de la instalación solar fotovoltaica.....	134
Figura 3.29 Demanda anual usuario tipo residencial	136
Figura 3.30 Curvas de demanda y producción de energía eléctrica.....	141
Figura 3.31 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica - Abril	142
Figura 3.32 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y generación fotovoltaica- Mayo	143
Figura 3.33 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Junio	144
Figura 3.34 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Julio.....	145
Figura 3.35 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Agosto	146
Figura 3.36 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Septiembre.....	147
Figura 3.37 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica - Octubre.....	148
Figura 3.38 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Noviembre.....	149
Figura 3.39 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Diciembre.....	150
Figura 3.40 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Enero	151
Figura 3.41 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica - Febrero	152
Figura 3.42 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica- Marzo	153
Figura 4.1 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Abril	156
Figura 4.2 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Mayo	157
Figura 4.3 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Junio	158

Figura 4.4 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Julio	159
Figura 4.5 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Agosto	160
Figura 4.6 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Septiembre.....	161
Figura 4.7 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Octubre	162
Figura 4.8 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Noviembre.....	163
Figura 4.9 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Diciembre.....	164
Figura 4.10 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Enero	165
Figura 4.11 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Febrero	166
Figura 4.12 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Marzo	167
Figura 4.13 Generación de energía eléctrica a distintos ángulos de inclinación de los módulos fotovoltaicos.	174
Figura 4.14 Precios referentes y el plazo de conformidad con los numerales 6.1 y 6.2 de la presente regulación.....	176
Figura 4.15 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 4.18kW	184
Figura 4.16 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 4.32kW	188
Figura 4.17 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 3.22 kW	192
Figura 4.18 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación /precio de 35 centavos de dólar.....	195

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características módulos Monocristalinos – Policristalinos	7
Tabla 1.2 Unidades utilizadas en energía solar	31
Tabla 1.3 Instrumentación solar	32
Tabla 1.4 Radiación Difusa.....	36
Tabla 1.5 Radiación directa.....	37
Tabla 1.6 Radiación solar en el Distrito Metropolitano de Quito	38
Tabla 1.7 Niveles de insolación en América Central y América del Sur.....	39
Tabla 1.8 Condiciones climatológicas en el Distrito Metropolitano de Quito.....	40
Tabla 2.1 Cargos tarifarios para usuarios residenciales	48
Tabla 2.2 Cargos tarifarios para usuarios generales de baja tensión sin demanda	50
Tabla 2.3 Cargos tarifarios generales para baja tensión con demanda	51
Tabla 2.4 Cargos tarifarios generales de baja tensión con demanda Horaria	52
Tabla 2.5 Cargos tarifarios generales de media y baja tensión con demanda.....	53
Tabla 2.6 Cargos tarifarios generales de media y baja tensión con demanda horaria.	53
Tabla 2.7 Cargos tarifarios generales de media con demanda horaria.....	54
Tabla 2.8 Evolución en el consumo de energía eléctrica	57
Tabla 2.9 Abonados Empresa Eléctrica Quito	58
Tabla 2.10 Categorías de uso de suelo	59
Tabla 2.11 Clasificación de consumidores por estratos	60
Tabla 2.12 Clasificación de las cargas	61
Tabla 2.13 Factores de diversidad para determinación de demandas máximas diversificadas de usuarios comerciales	64
Tabla 2.14 Distribución del consumo comercial de energía eléctrica - total nacional 2010.....	64
Tabla 2.15 Porcentaje de aplicación en la industria textil según la carga instalada...	65
Tabla 2.16 Consumo residencial de energía eléctrica - total nacional 2010.....	68
Tabla 2.17 Tabla estadística de los nuevos abonados para la concesión de la EEQ..	69
Tabla 2.18 Tabla estadística de los nuevos abonados para la concesión de la EEQ..	70
Tabla 2.19 Tabla estadística del grupo de consumo de empresas eléctricas.....	71
Tabla 2.20 Tabla estadística del grupo de consumo de empresas eléctricas.....	72
Tabla 2.21 Parámetros de facturación energía eléctrica.....	74

Tabla 3.1 Promedio de heliofanía y horas de sol pico mensuales.....	82
Tabla 3.2 Ángulo del panel fotovoltaico dependiendo de la latitud del sitio.....	85
Tabla 3.3 Porcentajes de caídas de tensión máxima en los conductores de la instalación fotovoltaica.....	95
Tabla 3.4 Selección del tipo de conductor recomendado.....	97
Tabla 3.5 Número de conductores tipo TW que pueden instalarse dentro de tubería conduit.....	98
Tabla 3.6 Dimensionamiento de las protecciones eléctricas.....	100
Tabla 3.7 Características del panel fotovoltaico de 95Wp.....	105
Tabla 3.8 Área accesible instalación solar fotovoltaica.....	107
Tabla 3.9 Parámetros meteorológicos de medición	107
Tabla 3.10 Resultado de voltaje de operación extremos.....	108
Tabla 3.11 Características del inversor sunny boy 1700.....	109
Tabla 3.12 Resultado de posibles arreglos fotovoltaicos para el diseño.....	110
Tabla 3.13 Potencias asociada a los posibles arreglos fotovoltaicos en el diseño ...	111
Tabla 3.14 Arreglo final serie – paralelo	111
Tabla 3.15 Resultados técnicos de plausibilidad voltaje máximo de circuito abierto	111
Tabla 3.16 Resultados técnicos de la instalación fotovoltaica.....	112
Tabla 3.17 Especificaciones técnicas de la instalación solar fotovoltaica	112
Tabla 3.18 Códigos intermitentes del inversor sunny boy 1700.....	116
Tabla 3.19 Abonados Empresa Eléctrica Quito periodo - enero 2012 / marzo 2013.	135
Tabla 3.20 Datos promedio de la demanda residencial.....	137
Tabla 3.21 Día promedio del mes para el cálculo de irradiación solar mensual.....	138
Tabla 3.22 Datos de radiación solar dependiendo el día tipo para cada mes.....	139
Tabla 3.23 Datos de generación solar dependiendo del día tipo para cada mes	140
Tabla 4.1 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Abril.	156
Tabla 4.2 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Mayo	157
Tabla 4.3 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Junio	158

Tabla 4.4 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Julio	159
Tabla 4.5 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Agosto	160
Tabla 4.6 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Septiembre.....	161
Tabla 4.7 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Octubre	162
Tabla 4.8 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Noviembre.....	163
Tabla 4.9 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Diciembre.....	164
Tabla 4.10 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Enero	165
Tabla 4.11 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Febrero	166
Tabla 4.12 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Marzo	167
Tabla 4.13 Demanda residencial promedio análisis de estudio	168
Tabla 4.14 Generación solar fotovoltaica promedio análisis de estudio.....	168
Tabla 4.15 Energía eléctrica que cubriría la red EEQ promedio	169
Tabla 4.16 Excedente de energía entregada a la EEQ promedio análisis de estudio 2012 - 2013	169
Tabla 4.17 Ahorro de energía suministrada por la EEQ promedio análisis de estudio 2012 - 2013	170
Tabla 4.18 Sensibilidades de estudio de resultados técnicos de diseño de generación solar fotovoltaico.....	172
Tabla 4.19 Sensibilidades de precios paneles solares fotovoltaicos	173
Tabla 4.20 Generación de energía eléctrica a distintos ángulos de inclinación de los módulos fotovoltaicos	174
Tabla 4.21 Costos de inversión para una potencia instalada de 4.18 kW	178
Tabla 4.22 Estadística de vida útil de los elementos del sistema solar fotovoltaico	179

Tabla 4.23 Pago anual de energía total de demanda por un usuario tipo residencial	180
Tabla 4.24 Evolución económica de ingresos y egresos del proyecto de 4.18 kW .	181
Tabla 4.25 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 4.18 kW	183
Tabla 4.26 Costos de inversión potencia instalada de 4.32 kW.....	185
Tabla 4.27 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto de potencia de 4.32 kW	186
Tabla 4.28 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 4,32kW	187
Tabla 4.29 Costos de inversión potencia instalada de 3.22 kW.....	189
Tabla 4.30 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto de 4.32 kW ...	190
Tabla 4.31 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 3.22kW	191
Tabla 4.32 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto /precio de 35 centavos de dólar.....	193
Tabla 4.33 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo / precio de 35 centavos de dólar	194

LISTA DE TERMINOS

ICC	Corriente de cortocircuito
VOC	Tensión de circuito abierto
IMP	Corriente Máxima de Potencia
VMP	Tensión de Máxima Potencia
DC	Corriente continua
AC	Corriente alterna
IB	Radiación directa
ID	Radiación difusa
IA	Radiación reflejada
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SNI	Sistema Nacional Interconectado
PUOS	Plan de uso y ocupación del suelo
CI	Carga Instalada
CIR	Carga Instalada por consumidor Representativo
FFUn	Factor de frecuencia de uso
DMU	Demanda Máxima Unitaria
EEQ S.A.	Empresa Eléctrica Quito
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista

Resumen

“Estudio y plan de factibilidad para entregar excedentes de energía renovable fotovoltaica de baja tensión a una empresa distribuidora”

López Recalde Edison Norberto

lopezejr@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Juan Andrés Garzón López

juang0827@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

La energía que nos brinda el sol puede ser aprovechada al convertirla en electricidad a través de módulos fotovoltaicos, teniendo ventajas y desventajas como toda generación de energía eléctrica, actualmente es una tecnología poco conocida en el país que se está desarrollando, las celdas fotovoltaicas son conectadas en serie y paralelo para alcanzar las potencias ajustadas por el fabricante, en el mercado las empresas fabrican diferentes modelos y sus precios de a poco se ajustan a la economía del consumidor.

La demanda de energía eléctrica en el Ecuador es creciente cada año, la implementación de sistemas fotovoltaicos puede significar un ahorro en las facturas debido a la disminución de la demanda de energía eléctrica de la red de distribución.

La finalidad de la energía solar fotovoltaica conectada a la red de distribución es generar energía eléctrica limpia (no contaminante), e inyectarla a la red a través de un inversor D.C./A.C. que se ajuste perfectamente a la red en voltaje y frecuencia sin producir alteraciones, brindando seguridad y confiabilidad, el sistema fotovoltaico será dimensionado dependiendo de parámetros estudiados en la presente investigación, utilizando equipos rentables para el futuro que no afecten el rendimiento del sistema,

la energía generada será registrada mediante un medidor bidireccional, el análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica nos permitirá verificar la factibilidad del proyecto técnica y económicamente.

Al final del este trabajo se describen las conclusiones y recomendaciones pertinentes de acuerdo a los resultados de rentabilidad obtenidos para este tipo de generación eléctrica.

Summary

“Feasibility study and plan to deliver surplus of photovoltaic renewable energy low voltage to distributor company”

López Recalde Edison Norberto

lopezejr@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Juan Andrés Garzón López

juang0827@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

The energy that sun gives us can be used to convert it into electricity through photovoltaic modules, having advantages and disadvantages as all electric energy generation, at the present time is a little-known technology in the country that is developing, photovoltaic cells are connected in series and parallel to achieve the power adjusted by manufacturer, nowadays companies produce different models and their prices slowly adapt to consumer economics.

Demand for electrical energy in Ecuador is growing each year; the implementation of photovoltaic systems can result in savings on bills due to the decrease in demand for electricity distribution network.

The purpose of solar photovoltaic energy connected to distribution network is to generate clean electricity (no contamination, clean, quiet, and safe.) and injecting it to the network via DC / AC inverter that fits perfectly to network into voltage and frequency without producing altering providing security and reliability, the photovoltaic system will be dimensioned depending on parameters studied in this investigation, using cost-effective equipment for future that do not affect system performance, the energy generated will be recorded by a bi-directional meter, analysis of solar photovoltaic surpluses going to allow us to verify the feasibility of the project technically and economically.

At the end of this work describes the conclusions and recommendations based on profitability results obtained for this kind of power generation.

CAPÍTULO 1

CONTEXTO ENERGÉTICO

Resumen

Este capítulo se enfoca en el estudio del contexto energético, verificando los esquemas, particularidades de funcionamiento y descripción de los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico. Se expone los datos del recurso solar, para el Distrito Metropolitano de Quito.

1.1 Introducción

El potencial de energía solar en el Ecuador puede ser aprovechado con fines de generación eléctrica en esquemas de generación distribuida operando cerca a los lugares de consumo.

Mediante la energía solar fotovoltaica se puede generar electricidad de manera limpia, lo que reduce el impacto negativo del consumo energético sobre el medio ambiente, a la par de hacer un uso más eficiente de la energía. Esta energía es una fuente alternativa de electricidad de amplia utilización, debido a que puede aprovecharse en el campo o en la ciudad, presenta sencillez de instalación, mantenimiento y no produce daños al medio ambiente en la etapa de operación.

Para el Distrito Metropolitano de Quito, la venta de energía eléctrica obtenida a partir de energía solar fotovoltaica constituye una alternativa de auto generación por parte del consumidor con claros beneficios ambientales, por lo cual debe estudiarse.

En el presente trabajo se desarrollará un sistema o método de interconexión de un sistema de generación solar fotovoltaico con la red eléctrica de baja tensión, evaluando los diferentes parámetros que requieren los equipos para un funcionamiento óptimo, con el fin de contribuir a la continuidad en el sistema de distribución y a la reducción de las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente. El estudio considera análisis de factibilidad, considerando aspectos técnicos y económicos. Finalmente se describen las conclusiones y recomendaciones necesarias para el estudio planteado en el presente proyecto.

1.2 Energía solar fotovoltaica

1.2.1 El sol como fuente de energía

El sol como fuente de energía para el mundo siempre ha sido aprovechado por el ser humano, en diferentes formas, *"el sol es una estrella con radio de unos 700.000*

Km, unas 330.000 veces la de la tierra”¹, la temperatura de su superficie está calculada alrededor de los 6000 grados centígrados. La fuente principal de toda la energía del sol se encuentra en el núcleo tomando en cuenta las extremas condiciones de presión y temperatura en su interior, se genera reacciones nucleares de fusión. [1]

El sol se encuentra a 149.5 millones de km y su luz tarda 8.3 minutos en llegar a la Tierra viajando a la velocidad de la luz, esta radiación que llega a la superficie terrestre, está generada en forma de ondas electromagnéticas, que se desplazan por todo el espacio y en todas direcciones. [2]

1.2.2 La energía solar

La energía solar es un recurso indispensable para el mundo, debido a que es una de las principales fuentes de energía para el planeta. Es origen de procesos como la fotosíntesis, el crecimiento de la vegetación, es un tipo de energía limpia y renovable, que se la obtiene por medio de la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica, mediante los llamados módulos o paneles solares fotovoltaicos.

Cada año el sol arroja a la superficie terrestre cuatro mil veces más energía que la que se consume, por esta razón se considera que la energía solar tiene un potencial prácticamente ilimitado. Esta energía es considerada como energía limpia, ya que puede cambiar, y realizar excelentes contribuciones para resolver problemas que afronta la humanidad hoy en día.

Las intensidad de energía solar en un punto específico de la superficie terrestre depende, del día del año, la hora del día, latitud, y principalmente la localización y configuración de los elementos de orientación y recepción de energía.

Las tecnologías de recepción, transformación y distribución del recurso solar se clasifican en activa y pasiva. Las tecnologías activas son las que principalmente trabajan con el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentra el uso de orientación de los edificios al sol, diseño de espacios mediante ventilación natural, aprovechamiento de fuentes de iluminación en centros arquitectónicos. [1], [2]

¹A. M. Sánchez, “Energía solar fotovoltaica”, Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.11

1.2.3 Historia

La energía solar fotovoltaica aprovecha la energía de los fotones de la radiación solar. Bajo registros históricos el efecto fotoeléctrico fue reconocido por primera vez en el año de 1839 por Edmond Becquerel al realizar un experimento con una célula electrolítica compuesta por dos electrodos metálicos.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando materiales semiconductores como el selenio con una muy delgada capa de oro.

Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio fueron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. [3] La celda de silicio que hoy día utilizan proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946. *“La época moderna de la celda de silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells. Accidentalmente experimentando con semiconductores se encontró que el silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz.”*²

1.2.4 Energía fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables de reciente aparición, empleando dispositivos llamados paneles solares, cuyo propósito es utilizar la luz solar y transformarla en energía eléctrica. El material que se utiliza para su fabricación tiene que ser sensible a la radiación solar, ya que la conversión surge de la interacción entre los fotones y los átomos que forman el material con los que son fabricados. [4]

La demanda de sistemas fotovoltaicos ha crecido en los últimos años satisfaciendo diversas necesidades de consumo eléctrico ya sea en instalaciones aisladas o conectados a la red eléctrica, telecomunicaciones, sistemas de bombeo, cercos eléctricos entre otros. A medida que se han desarrollado avances en la tecnología se ha logrado reducir costos de fabricación y optimización en los equipos, aumentando el crecimiento del sector de la energía solar fotovoltaica para producción de electricidad en un entorno competitivo, ubicándola como una de las primeras alternativas de cambio energético hacia matrices de generación más limpias.

²Energía Solar Fotovoltaica, Paneles Fotovoltaicos, Desarrollo Sostenible “Antecedentes de la energía solar fotovoltaica” Spain 4 all, Guía general de España 06 Junio 2012 [En línea] Available: http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/2_Breve_Historia/index.htm

En el entorno de los sistemas solares fotovoltaicos, la información sistematizada (preferencia en una base de datos) y pública, sobre la disponibilidad del recurso solar permite a los promotores establecer y valorar las posibilidades de implementación de este tipo de sistemas.

La energía solar fotovoltaica puede ser consumida en el mismo lugar donde se produce, evitando grandes tendidos eléctricos, reduciendo el impacto visual y minimizando las pérdidas en el sistema de transmisión. [3]

1.2.5 Células fotovoltaicas

La célula o celda solar es un dispositivo que aprovecha el efecto fotovoltaico, es decir la facilidad de algunos semiconductores para generar electricidad al inducir sobre ellos una radiación luminosa, el material más utilizado para su elaboración es el silicio ya que es uno de los elementos de mayor abundancia en la tierra, a su vez el silicio debe ser obtenido con el grado más puro posible y se emplea también en la industria de la microelectrónica. Entre sus características físicas una célula solar tiene un grosor que varía entre 0,25 y 0,35 mm, por lo general son de forma cuadrada con una superficie de alrededor de 100 cm². [2]

Básicamente la energía de los fotones de la radiación solar que chocan con la superficie despoja electrones que pueden ser atrapados por un campo eléctrico formado por la combinación de las capas tipo N y tipo P del material semiconductor obteniendo así una corriente eléctrica como se muestra en la siguiente figura 1.1 a continuación.

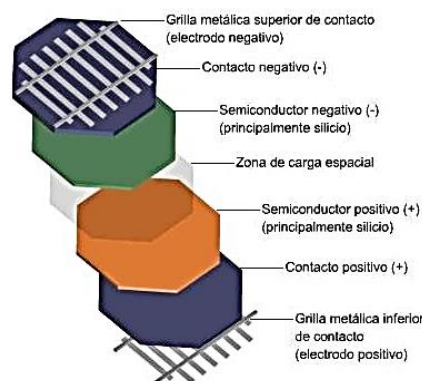


Figura 1.1 Componentes de una célula fotovoltaica
Fuente: [5]<http://mundicampos.blogspot.es/1307727300/>

Las células fotovoltaicas se conectan en serie para incrementar el voltaje y en paralelo para incrementar la corriente manteniendo constante el voltaje total. Estas

propiedades hacen necesario que se construyan paneles integrados por decenas de células fotovoltaicas.

Según su tecnología las células solares pueden ser de cristales monocristalinos, policristalinos o a su vez de silicio amorfo.

- **Silicio monocristalino**

Actualmente son las más fabricadas en el mercado, debido a su alta pureza y su estructura cristalina que es elaborada en un delicado, complejo y amplio proceso, generalmente muy costoso requiriendo de mucha energía, tiene un alto nivel de rendimiento entre 15 y 18%. [2]

A un bajo nivel de iluminación, la célula solar de silicio monocristalino puede transmitir electricidad, acoplándose perfectamente a la salida y función de los componentes. Se diferencian por su color azul homogéneo o negro, los paneles fabricados con este material son de alta calidad y su tiempo de vida es estimado en 25 años.

- **Silicio policristalino**

La fabricación es similar al de las celdas monocristalinas, pero se originan de planchas policristalinas más baratas, estas planchas se obtienen en un proceso de moldeos formados por un conjunto de pequeños cristales de silicio. Se caracterizan por su color azul intenso formado por la composición de pequeños cristales elementales.

Su costo es más barato comparado con los módulos monocristalinos y su eficiencia es menor aproximadamente de 12 ó 14%, por su bajo costo son muy utilizadas en la actualidad estimando un tiempo de vida de 20 años dependiendo del fabricante. [2]

Estas células son de forma cuadrada y permite un mayor compactado dentro del panel fotovoltaico, reduciendo la superficie necesitada para ubicar un determinado número de células.

- **Silicio amorfo**

Las células de silicio amorfo son menos eficientes que las células de silicio cristalino, se encuentra en el grupo de tecnologías de lámina delgada, siendo de menor costo. Su fabricación es muy sencilla y económica, por lo cual se generan a gran escala en un color homogéneo (marrón).

Su rendimiento es inferior al 10% y su tiempo de vida útil se estima en unos 10 años dependiendo del fabricante, una de sus desventajas es la baja conversión si la comparamos con las células monocristalinas y policristalinas, también se puede decir que el silicio amorfo sufre un proceso de degradación debido a la luz en los primeros meses de su funcionamiento. [2]

Las células amorfas son requeridas en proyectos de muy poca electricidad como por ejemplo, calculadoras, relojes, luces de emergencia.

- **Celdas de arseniuro de galio**

El arseniuro de galio (GaAs) es un semiconductor ideal para la fabricación de células solares, están formadas por múltiples películas delgadas constituida cada una por un semiconductor distinto el cual absorbe diferentes porciones del espectro. Son altamente eficientes y creadas exclusivamente para uso fotovoltaico por lo que son utilizadas en aplicaciones especiales como satélites, vehículos de exploración espacial, etc.

Es mucho más costoso y eficiente que el Silicio, teniendo un alto rendimiento y a su vez un peso y dimensiones reducidas, las células multiunión de arseniuro de galio pueden alcanzar valores de eficiencia mayores al 30%, una desventaja es la toxicidad del Arga que puede generar al medio ambiente y evita la producción a gran escala. [4]

1.2.6 Funcionamiento

Es posible obtener energía eléctrica directamente de la radiación solar, por medio de paneles fotovoltaicos, este efecto se denomina fotoeléctrico o fotovoltaico. Sus primordiales mecanismos de generación son los paneles solares que se encuentran divididos en dos clases muy comunes por fabricación y características:

- Monocristalinos
- Policristalinos

Módulos monocristalinos vs policristalinos

Existen distintos tipos de celdas solares en el mercado pero los más comunes son monocristalinos y policristalinos, aunque la función de las dos cumpla con las mismas características, existen algunas diferencias que se reconoce a continuación en la siguiente tabla 1.1.

Claramente existe una diferencia sobre los porcentajes de generación, los módulos monocristalinos tienen mayor rango de eficiencia por esta razón son directamente proporcionales a la generación.

Los policristalinos son módulos de menor costo comparado con los monocristalinos pero no obtienen un nivel de sensibilidad eficiente para el aprovechamiento del sistema, su estructura cristalina se diferencia en la ubicación de las caras. Sus características y diferencias establecidas son de manera básica y crucial para la determinación de un panel solar fotovoltaico ya que las siguientes etapas serán dependientes de su calidad de generación, (inversores y sistemas de medición). [6]

DESCRIPCIÓN	MONOCRISTALINOS	POLICRISTALINO
Estructura cristalina.	Todas las caras del cristal tienen la misma dirección, los granos de cristal son paralelos.	Caras de cristal tienen diferentes direcciones, los granos de cristal no son paralelos.
Como se fabrican	Cortan una columna de silicio monocristalino para obtener rodajas circulares y luego hacer cuadrados.	Cortan el cuadrado de silicio monocristalino para obtener rebanadas cuadradas directamente, se puede utilizar para obtener el silicio monocristalino.
Temperatura de fabricación	1400 ° C	800 – 1000 ° C
Forma	Forma simple rectangular, las cuatro esquinas se pierden.	Forma – Rectángulo o formas cuadradas, diversas.
Ancho	300m	300 ~ 500m
Color	Negro	Azul oscuro
Eficiencia de conversión Energética	15% ~ 23%	12% ~ 17%
Costo	Alto costo	Alto costo, pero menor que las Mono-cristalinas.
Tiempo de Amortización	2 años	2 a 3 años

Tabla 1.1 Características módulos Monocristalinos – Policristalinos
Fuente: [7]C. s. ". limpia", «CLEANERGYsolar.com,» Características eléctricas de un panel

1.2.7 Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son la unión de celdas fotovoltaicas que permiten aumentar la capacidad de capturar energía solar y transformarla en energía eléctrica, las celdas fotovoltaicas, entregan alrededor de 0.5 voltios en promedio cada una, por esta razón se realiza la agrupación de celdas para conseguir una mayor generación de energía útil para los sistemas de consumo convencional. Por este motivo se requiere fabricar elementos con una mayor capacidad de generación con los voltajes requeridos de trabajo. [1]

Los paneles solares están conformados principalmente por los siguientes elementos, como se observa en la figura 1.2:

- Cubierta frontal
- Material encapsulante
- Celdas solares
- Conexiones eléctricas
- Cubierta posterior
- Marco metálico

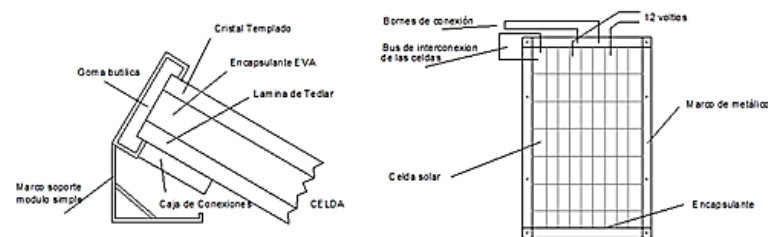


Figura 1.2 Panel Solar vista lateral y frontal
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Nota la figura “1.2” fue modificada del texto de Energía solar fotovoltaica de Sánchez Miguel Ángel por: López Edison y Garzón Juan.

Cubierta frontal

Su función es evitar los daños contra impactos o el ensañamiento del clima frente a lluvia y viento. La cubierta frontal está fabricada de vidrio templado aproximadamente de entre 3 a 4 mm de espesor, también existen cubiertas fabricadas con materiales orgánicos y plásticos de alta resistencia, de preferencia transparentes y con un bajo nivel de sales de hierro que favorece con la transmisión con un 91 %. [2]

Material encapsulante

Este material se encuentra entre el vidrio templado y las celdas fotovoltaicas, también las recubre por la parte posterior del panel. *“El material encapsulante empleado para los módulos fotovoltaicos, es el etileno –vinil-acetato también conocido como EVA.”*³ El etileno-vinil-acetato es un componente con un nivel de refracción próximo al del vidrio que significa que tendrá un rango de pérdida menor, que se producirán al paso de la radiación de la cubierta exterior y la celda fotovoltaica.

Aparte de ser un sistema de protección del aire, polvo, humedad, tiene un nivel de elasticidad que le permite atraer las tensiones producidas por golpes, y dilataciones diferenciales que se puedan producir. Es un material que no se degrada con facilidad solo en temperaturas demasiado altas, y niveles de iluminación extremas. [2]

Cubierta posterior

Están fabricados para la protección y cerramiento del panel solar, fundamentalmente contra los agentes atmosféricos, realizando el trabajo de sellador frente a la humedad y polvo que se puede producir en el ambiente.

Está construida con varias capas de aislante eléctrico que se denomina tedlar, el mismo que ayuda a la reflejar la luz que no ha logrado pasar por las celdas fotovoltaicas, realizando la función de regresar la luz a la parte frontal del panel para que esta pueda ser reflejada y sea acumulada de nuevo en las celdas.

En algunos módulos la cubierta posterior puede estar construida de una capa de tedlar y una segunda de vidrio, también existen cubiertas posteriores que pueden ser de material metálico, con lo que mejora la eliminación de calor al exterior. [2]

Marco metálico

Es la parte del panel solar que sostiene a todo el sistema dentro de una medida de rigidez que le permite montar celdas y equipos de conexión formando estructuras, el marco puede ser de aluminio anodizado, acero inoxidable, etc. Con la ayuda de grapas o remaches taladrados permitirá el acceso al anclaje sobre los soportes, evitando la manipulación o daño del panel después de su instalación.

A lo largo del perímetro metálico, se instala una banda selladora de neopreno, silicona, o goma butílica, que sirva como selladora evitando el ingreso del agua,

³A. M. Sánchez, “Energía solar fotovoltaica”, Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.62

humedad, polvo, etc. De esta manera se evita el contacto con las conexiones internas del panel y evitando la del contacto al semiconductor. [8]

Caja de conexiones eléctricas

La caja de conexiones eléctricas se encuentra en la parte posterior del panel fotovoltaico, está ubicada a la intemperie y contiene todas las conexiones eléctricas para el acople a otros módulos fotovoltaicos, también se incluyen las conexiones de salida de voltaje de generación para conseguir el nivel de la demanda requerida.

Diodos de by-pass

Sirven para proteger cada panel de posibles daños eléctricos producidos por sombras parciales, evitando que las celdas sombreadas trabajen como receptores.

En la actualidad los fabricantes incorporan diodos de paso de conexión intermedia en las cajas de conexión de sus módulos fotovoltaicos visualizada en la figura 1.3, como una norma general de fabricación de los módulos fotovoltaicos, se los industrializa con diodos que soporten su corriente igual o doble de la corriente de cortocircuito de estos, *"normalmente esta corriente suele ser de 3 a 7 amperios, dependiendo del tamaño y calidad del módulo, habrán de soportar los diodos entre corrientes de 6 a 14 amperios."*⁴

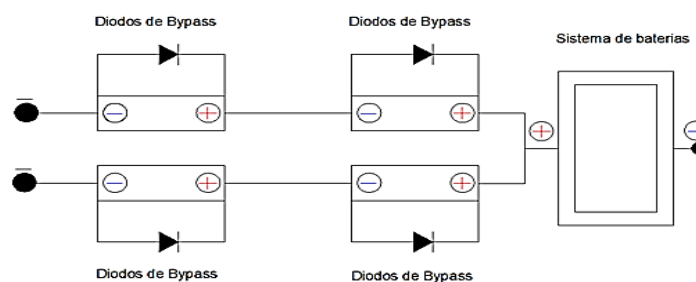


Figura 1.3 Conexión diodos bypass, modulo fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Nota la figura "1.3" fue modificada del texto de Energía solar fotovoltaica de Sánchez Miguel Ángel por: López Edison y Garzón Juan.

⁴ A. M. Sánchez, "Energía solar fotovoltaica", Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.63

Diodos de bloqueo

Se colocan a la salida de cada arreglo fotovoltaico, los mismos que evitan que se disipe la energía de los módulos, los diodos de bloqueo están fabricados para conducir la electricidad en un solo sentido y se oponen a la circulación del sentido opuesto de corriente, también impiden que en las noches las baterías se descarguen a través de los paneles solares. [2]

Evitan que el flujo de corriente se invierta en el arreglo de módulos fotovoltaicos en paralelo, cuando en uno o varios se produce una sombra. Estos diodos deben ser capaces de soportar corrientes de cortocircuito y el voltaje en circuito abierto del campo fotovoltaico como se muestra en la figura 1.4 a continuación.

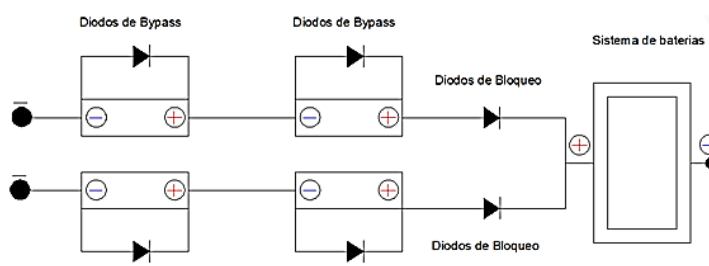


Figura 1.4 *Conexión diodos de bloqueo, modulo fotovoltaico*
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Nota la figura “1.4” fue modificada del texto de Energía solar fotovoltaica de Sánchez Miguel Ángel por: López Edison y Garzón Juan.

Conexión de los módulos fotovoltaicos

Las celdas fotovoltaicas tienen una generación de valores de tensión de 0,5 voltios y una corriente de unos dos amperios aproximadamente. Por esta razón para poder acceder a aplicaciones y beneficios de los sistemas solares fotovoltaicos existen arreglos de celdas, las cuales obtienen la tensión y la corriente necesaria para el funcionamiento de aparatos eléctricos. “Si se conecta en serie 36 de estas celdas se obtiene 18 voltios de tensión que son suficiente para trabajar con equipos de corriente continua de 12 voltios. Una placa fotovoltaica contiene alrededor de 20 y 40 celdas solares”⁵, que se encuentran conectadas en serie o paralelo para su funcionamiento.

Un arreglo de módulos conectados entre sí junto con el cableado, se denomina un sistema de generador fotovoltaico. La conexión de los módulos se basa

⁵A. M. Sánchez, “Energía solar fotovoltaica”, Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.64

principalmente en las reglas básicas de la electricidad, y se tiene tres diferentes maneras de conectar, en serie, paralelo y mixta, para obtener adecuadamente el voltaje requerido por el consumidor.

- **Conexión en serie**

Cuando se conectan los paneles en serie la tensión será la suma de todos los paneles existentes, mientras que la intensidad será la proporcionada por solo uno de ellos.

Una desventaja de esta conexión es que si uno de ellos se encuentra defectuoso, o en falla todo el sistema puede dejar de funcionar, para esto es necesario ocupar diodos de bloqueo entre módulos permitiendo el paso de la corriente. Principalmente se conectan módulos en serie como se muestra en la figura 1.5 a continuación, para poder conseguir voltajes estimados.

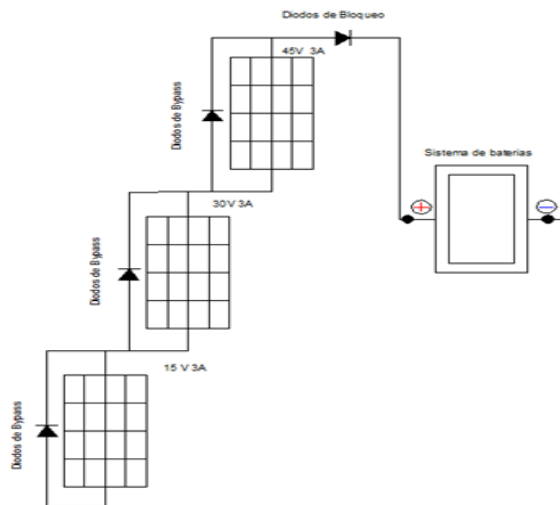


Figura 1.5 Diagrama de conexión en serie, módulos fotovoltaicos
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

- **Conexión en paralelo**

Esta conexión se basa en conectar todos los terminales de extremo al positivo y todos los terminales al negativo, la salida del grupo de generación forman un terminal positivo común y un terminal negativo común. Cuando se conecta de esta manera la tensión coincidirá con la que se proporciona por un solo módulo pero su intensidad aumentara siendo la suma de la corriente de todos los paneles.

Normalmente se realizan conexiones de paneles en paralelo mostrado en la figura 1.6 a continuación para conseguir intensidades requeridas, no hay que olvidar que el aumento de intensidad produce un aumento de pérdidas por el efecto Joule.

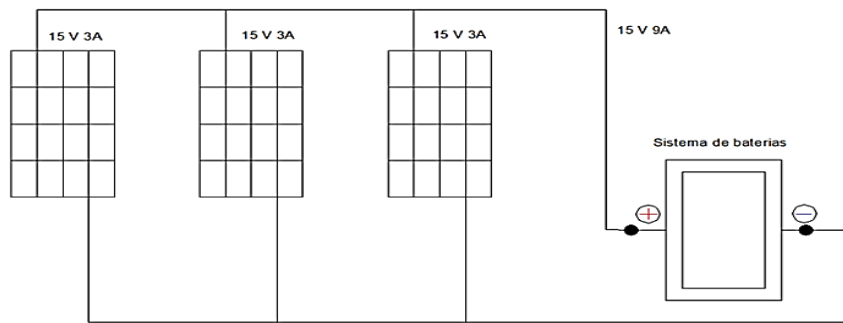


Figura 1.6 Diagrama de conexión en paralelo, módulos fotovoltaicos
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Nota la figura “1.6” fue modificada del texto de Energía solar fotovoltaica de Sánchez Miguel Ángel por: López Edison y Garzón Juan.

- **Conexión mixta**

La conexión mixta de los paneles solares fotovoltaicos, sirve para satisfacer las necesidades de voltaje y corriente que se requiera para diferentes trabajos. Para las conexiones de forma mixta se debe considerar dos parámetros muy importantes al momento de instalación de módulos fotovoltaicos, estos son rendimiento y costos.

Desde el punto de vista de un rendimiento efectivo para el sistema es mejor la instalación en serie ya que existen menos pérdidas de energía por calentamiento del conductor, según este criterio se debería generar hasta 48 voltios, ya que cuanto mayor voltaje se mantenga, menor es el valor de intensidad para un valor de potencia constante.

Las condiciones de diseño de un sistema de generación solar fotovoltaico siempre están basadas por el consumidor, verificando las necesidades de uso y de confort en su vida cotidiana, sin olvidar las justificaciones directas de los peligros que conllevan en cada una de las instalaciones fotovoltaicas. [3]

Punto de trabajo de un panel fotovoltaico

Basado en el análisis de voltaje y corriente de trabajo en conexión directa de un módulo fotovoltaico, a una carga de corriente continua, la corriente de salida de un panel fotovoltaico varía con el valor de voltaje en la carga, y su temperatura de trabajo.

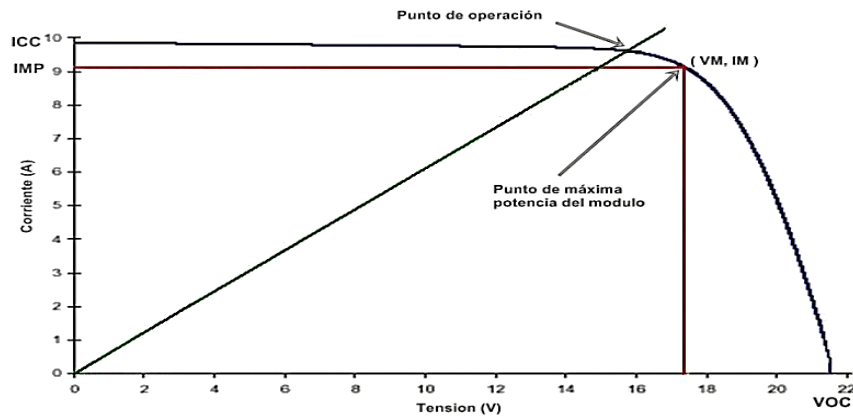


Figura 1.7 Curva característica $I - V$ de un panel fotovoltaico
Fuente: [8] *The Homeowner's guide to renewable energy*

El punto de operación es el punto en el cual se intersecan ambas curvas, siendo la tensión común para la carga y el módulo FV, para la temperatura e irradiancias definidas. La corriente de salida se mantiene casi constante dentro de un rango de operación de voltaje, a lo largo del día las condiciones de irradiancia y temperatura van a variar, de modo que si el módulo está conectado a una misma carga el punto de operación va a cambiar, de la misma manera si cambiamos la carga conectada al sistema cambiará también la tensión de trabajo, intensidad de corriente, potencia y punto de trabajo.

- Corriente de cortocircuito (ICC): Es la máxima corriente que puede entregar un dispositivo a ciertos parámetros de radiación y temperatura, a tensión y potencia cero.
- Tensión de circuito abierto (VOC): Es la máxima tensión que puede entregar un dispositivo a ciertas condiciones de radiación y temperatura, a corriente y potencia cero.
- Corriente de máxima potencia (IMP): Es la corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo ciertas condiciones de radiación y temperatura. Siendo la corriente nominal del módulo FV.
- Tensión de máxima potencia (VMP): Es la tensión que entrega un dispositivo a potencia máxima bajo ciertas condiciones de radiación y temperatura, siendo la tensión nominal del módulo FV.

Potencia máxima de salida: Se calcula la potencia de salida máxima del panel multiplicando los valores de voltaje y corriente correspondientes (VMP, IMP).

- **Efecto de la temperatura e irradiancia.**

La intensidad de cortocircuito aumenta moderadamente y la tensión de circuito abierto disminuye proporcionalmente al disminuir la temperatura que se indica en la figura 1.8. La corriente de cortocircuito aumenta directamente proporcional a la irradiancia y la tensión un leve nivel de variación como se muestra en la figura 1.9.

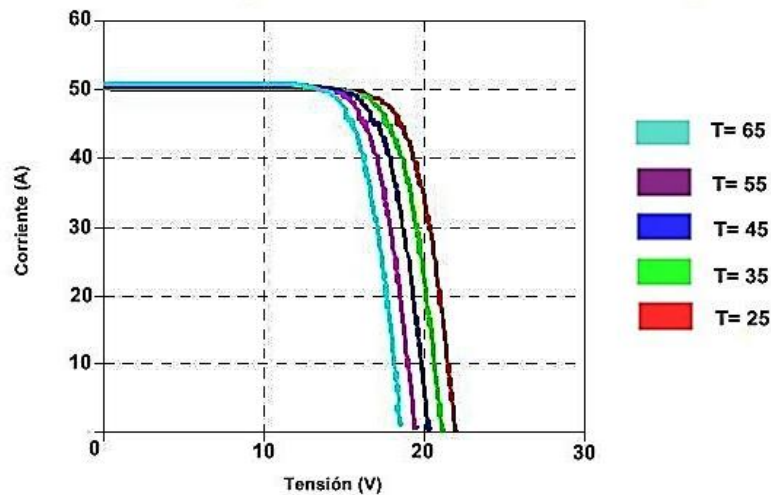


Figura 1.8 Variación de la curva con la temperatura.

Fuente: [9]<http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>

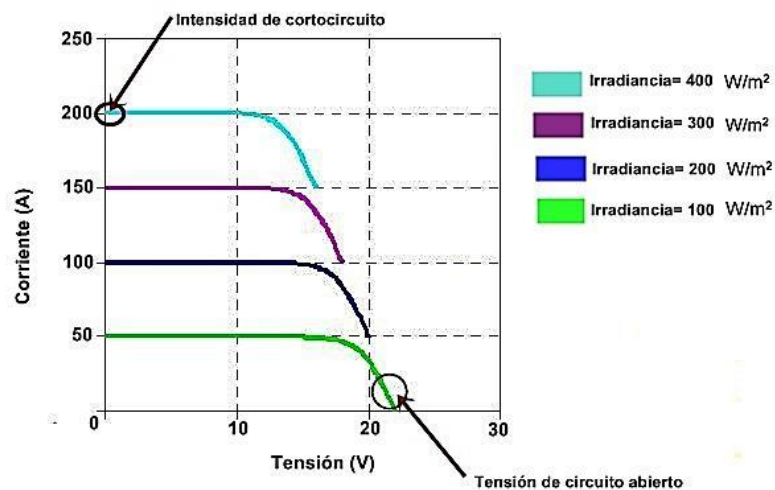


Figura 0.9 Variación de la curva con la irradiancia a una T. constante de 25°C.

Fuente: [9]<http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>

1.2.8 Batería

Se utilizan para almacenar la energía eléctrica que los módulos fotovoltaicos generan a diario, y poder suministrarla en horas donde la energía consumida es superior a la generada, como sucede generalmente en la noche. Puede alimentar a la carga durante varios días, cuando la producción del panel fotovoltaico es baja, debido a diferentes condiciones meteorológicas.

La batería a utilizar en aplicaciones solares debe cumplir condiciones básicas:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar.
- Mantenimiento reducido o nulo.
- Fácil instalación y transporte.
- Baja auto descarga.
- Rendimiento elevado.
- Larga vida.

“La batería está compuesta de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga”⁶, su capacidad se mide en Amperios – hora, en un tiempo establecido de descarga, también mantiene un voltaje estable y constante, ya que el voltaje de salida puede variar en función de la intensidad del sol.

Actualmente se encuentran diferentes tipos de baterías disponibles en el mercado, las más utilizadas por costos y beneficios son las de níquel – cadmio y las de plomo ácido, transformando una energía potencial química en energía eléctrica, las primeras tienen características excelentes, pero debido a su alto precio se usan con menos frecuencia.

- **Baterías de plomo – ácido**

Se utilizan con mucha frecuencia en sistemas de generación fotovoltaica, tienen un tiempo de vida muy prolongado dependiendo de su uso, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica.

La batería de plomo – ácido está compuesta de:

Las placas positiva (ánodo) y negativa (cátodo) construidas con pasta de plomo, la cantidad de esta pasta determina la capacidad de la batería, así como también la

⁶A. M. Sánchez, “Energía solar fotovoltaica”, Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.74

profundidad de descargar a la que puede ser sometida. Cada vez que se descarga la batería, una pasta pierde volumen al irse desprendiendo, por esta razón si la batería se va a sujetar a descargas profundas las placas deben ser gruesas y fabricadas con pasta de plomo de alta densidad.

- Separadores, eléctricamente no son conductores y tienen la finalidad de separar las placas para evitar el contacto eléctrico.
- Electrolito formado por ácido sulfúrico disuelto en agua.
- Carcasa, encargada de contener los elementos de la batería.
- Terminales de conexión

Baterías de níquel – cadmio

Estas baterías están diseñadas específicamente para aplicaciones fotovoltaicas, sus placas son de acero inoxidable, fabricadas de hidróxido de níquel para las placas positivas y óxido de cadmio para las negativas. Necesita de una fina capa de aceite en la superficie superior para evitar su oxidación por el oxígeno del ambiente.

El voltaje nominal de un elemento de la batería de Ni – Cd es de 1.2 voltios, y aguantan procesos de congelación y descongelación sin generar efectos sobre su comportamiento. Presentan un tiempo de vida mucho más largo que las de plomo a igual ciclo de trabajo.

Pueden soportar descargas elevadas sin efecto alguno, los valores de auto descarga oscilan entre 3 y 6% mensual, su capacidad para aceptar un ciclo de carga es independiente de la temperatura. [2]

El precio de estas baterías es elevado y por lo general no necesita de mucho mantenimiento, incluso podría soportar la congelación de su electrolito, ya que una vez que este se descongele volvería a trabajar con normalidad, por lo tanto para controlar el estado de carga estas baterías son la mejor opción.

Especificaciones eléctricas

Las especificaciones eléctricas que se utilizan para la batería son:

- **Tensión.-** Depende de su estado de carga, si está cargada, descargada o en circuito abierto. La tensión de una celda varía entre 1,75 y 2,5V, cuando las celdas se conectan en serie la tensión de la batería es mayor, y al conectar las baterías en paralelo se sumaran sus capacidades de corriente.

- **Capacidad.-** Es la cantidad máxima de energía que puede almacenar y suministrar la batería en determinadas condiciones de trabajo, producto de la intensidad de corriente por el tiempo en horas, (Ah). Su capacidad de almacenamiento de energía depende de la velocidad de descarga.
- **Profundidad de descarga.-** Es la relación expresada en porcentaje entre la carga extraída y su capacidad nominal. La profundidad de descarga afecta el tiempo de vida de las baterías, debido a que mientras mayor es la descarga menor es el número de ciclos de carga que la batería puede tener. Como se muestra en la figura 1.10 a continuación con las características de descarga de una batería. [2] [3]

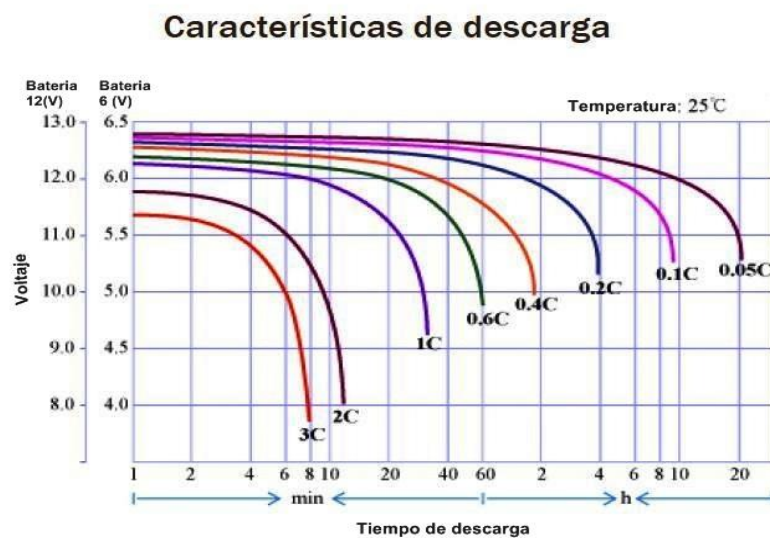


Figura 1.10 Curva característica de descarga de una batería.
Fuente: [10]Instalaciones Solares Fotovoltaicas

1.2.9 Regulador de carga

Es el equipo encargado de administrar la energía que generan los paneles fotovoltaicos y también de controlar la energía que sale de la batería para sus diferentes aplicaciones, evita sobrecargas, sobre descargas en todo el sistema. Mediante el regulador la batería dura más tiempo, en sistemas autónomos nunca debemos hacer funcionar el sistema sin el regulador de carga.

Existe gran variedad de reguladores, los más simples son los económicos y los más complejos que disponen de funciones especiales, los reguladores actuales introducen micro controladores que analizan el estado de carga de las baterías, su

temperatura o la tensión, y aplican esa información a la unidad de control del regulador para modificar las condiciones de carga.

Se tiene dos tipos de sistemas de regulador de carga lineal y conmutada.

- **Reguladores lineales**

Son empleados en sistemas de pequeña potencia, clasificándose reguladores en serie y en paralelo. Los reguladores en serie desconectan el panel de las baterías cuando se logra el estado a plena carga, lo que es equivalente a un interruptor conectado en serie que proporciona una vía de baja resistencia desde el conjunto de paneles solares al sistema de baterías durante la carga, y un circuito abierto entre paneles y baterías cuando se encuentran completamente cargadas.

Los reguladores en paralelo, disipan la corriente de salida del panel cuando el sistema de baterías consigue el estado a plena carga. Esto resulta muy lógico cuando los sistemas eléctricos solares son pequeños, pero con grandes sistemas se requieren disipadores de grandes dimensiones. Son rentables cuando la potencia de los módulos no es excesivamente grande, hoy en día no son muy utilizados debido al avance en la electrónica y los microprocesadores.

- **Reguladores conmutados**

“Actúan desconectando la batería del generador mediante un interruptor conectado en serie con el panel. Como interruptor puede usarse un dispositivo electromecánico tipo relé o transistores. Estos dispositivos pueden controlar el valor de la tensión a su salida para que sea el más adecuado al estado de carga de la batería. Deben tener en cuenta la variación con la temperatura de la tensión correspondiente a una carga completa.”⁷

1.2.10 Inversor

Su función principal es transformar la corriente continua que generan los paneles y almacena la batería en corriente alterna. Esta energía permite que los aparatos eléctricos funcionen con normalidad, si el sistema fotovoltaico está conectado a una red de distribución de energía eléctrica, debe suministrarle corriente alterna normalmente a 120 ó 220V. Se pueden diferenciar entre inversores de conmutación natural y conmutación forzada.

⁷A. M. Sánchez, “Energía solar fotovoltaica”, Masa. - México, Limusa, Innovación y Cualificación, 2011, pp.90

Los inversores de conmutación natural son utilizados en sistemas con conexión a la red eléctrica, se controla el flujo de energía en el sentido deseado mediante la conmutación.

Los inversores de conmutación forzada se pueden emplear en sistemas de aislamiento a la red, su señal de salida puede ser escalonada o de modelación por ancho de pulsos (PWM). Los inversores PWM consiguen mejores rendimientos por encima del 90% que los inversores de salida escalonada cuyo rendimiento está por debajo del 80%.

Las características que define un inversor son:

- Tensiones nominales de entrada y salida.
- Potencia nominal de salida
- Eficiencia
- Capacidad de sobrecarga y de protección térmica.
- Forma de onda cuadrada que tiene la señal a la salida del inversor.

Los inversores utilizados en instalaciones fotovoltaicas deben ser altamente eficaces, y protegidos contra cortocircuitos o sobrecargas.

1.2.11 Protecciones

Es importante contar con elementos de protección como fusibles que evitaren sobrecorrientes, cada equipo debe contar con un fusible. Las magnetos térmicas limitan la intensidad en el circuito de consumo, generalmente son los más utilizados en las viviendas, y protegen a la cargas en caso de conectar un equipo de potencia superior, es aconsejable incluir una magneto térmica en la salida de la batería y el inversor. Los diodos son dispositivos de protección para evitar que los módulos actúen como receptores de determinadas ocasiones.

Protecciones en D.C.

Elementos de protección que se encuentran aguas arriba del inversor.

- **Fusibles**

Son dispositivos de protección que se colocan en un punto determinado de la instalación eléctrica, de formas y dimensiones diferentes dependiendo de la intensidad para la que deben fundirse, debido a cortocircuitos o excesos de carga, que puedan poner en riesgo a los conductores y equipos.

- **Interruptor en corriente continua**

Abre el circuito para proveer protección de sobrecarga y fallas, desconectando el inversor y llevando la sobrecarga a la tierra de la instalación, de este modo se previenen riesgos de electrocución con el personal encargado.

Protecciones A.C.

Elementos de protección aguas abajo del inversor.

- **Interruptor Magnetotérmico**

Estos equipos de protección disponen de tres sistemas de desconexión (manual, térmico y magnético), actúa contra sobreintensidades provocadas por sobrecargas o cortocircuitos, la velocidad de respuesta del dispositivo dependerá del valor de sobrecorrientes, se caracterizan por una intensidad nominal que es un valor de corriente en el cual se desconecta el circuito, incluyen un relé térmico y un magnético que son elementos que originan los disparos.

- **Interruptor Diferencial**

Es un dispositivo de protección frente a contactos indirectos, es decir evita que una persona sufra una descarga cuando una parte metálica haya quedado en contacto con el conductor de fase accidentalmente, ante esto el interruptor desconecta el circuito.

- **Protección contra sobretensiones**

Internamente el inversor tiene incorporado un descargador de tensión a tierra (varistor), que permite proteger la parte de corriente continua de la instalación, en el lado de corriente alterna se colocan descargadores de tensión por fase, correctamente conectados a tierra.

1.2.12 Generación solar fotovoltaica

El panel solar genera corriente el mismo instante que se expone a la luz solar; lo que se consigue de un campo fotovoltaico al incidir luz es un voltaje y una corriente eléctrica continua, pudiendo ser utilizada para cargar baterías o a su vez ser transformada en corriente alterna mediante un dispositivo electrónico denominado inversor, como se muestra en la figura 1.11 a continuación sobre el esquema de un sistema solar fotovoltaico.

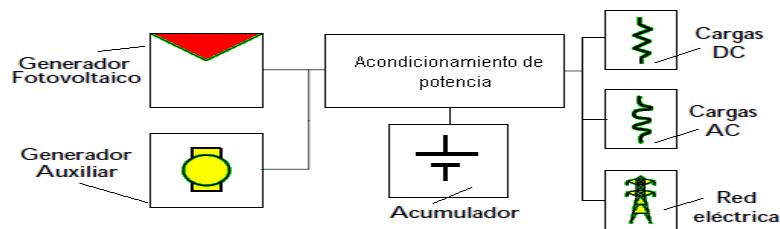


Figura 1.11 Esquema de un sistema solar fotovoltaico
Fuente: [1] Curso de energía solar

El sistema fotovoltaico logra satisfacer consumos en DC o AC (motores, luminarias, refrigeradores, radios, celulares).

1.2.12.1 Sistemas de generación aislados

Se utiliza la energía eléctrica generada a partir del sistema fotovoltaico para abastecer la demanda en lugares sin conexión a la red eléctrica de la empresa distribuidora. Esta tecnología permite aprovechar una fuente de energía limpia y gratuita en el mismo lugar de consumo, logrando que cada casa, escuela, o centro comercial pueda contar con un sistema independiente de abastecimiento de electricidad.

Este tipo de sistemas fotovoltaicos constan de un panel solar encargado de generar corriente continua con la exposición del sol, un regulador de carga utilizado para proteger la batería de sobrecargas, baterías para almacenar la energía, e inversores para la transformación de corriente continua en alterna, además de los aparatos de protección presentados en la siguiente figura 1.12 a continuación.

Los sistemas aislados a la red por lo general están equipados con baterías para la acumulación de energía eléctrica. Las baterías son necesarias debido a que los módulos fotovoltaicos proporcionan energía en horarios matutinos, y por lo general la mayor demanda por parte de los usuarios se da en horas de la tarde y noche.

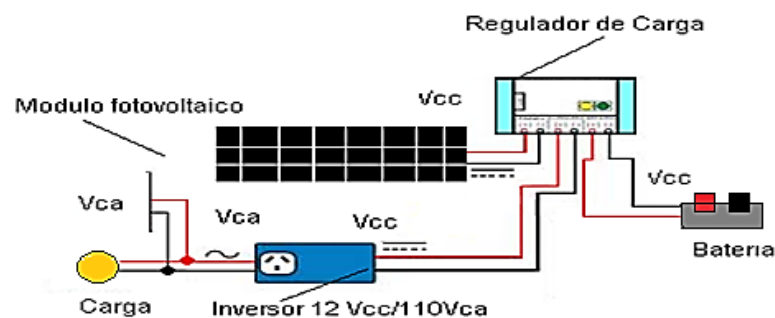


Figura 1.12 Esquema de un sistema aislado de la red eléctrica
Fuente: [1]Curso de energía solar

La batería se conecta al sistema fotovoltaico a través de un regulador de carga protegiéndola de sobrecargas y descargas, estos sistemas están dimensionados de tal manera que permiten alimentar la carga durante las horas de insolación y recargar las baterías. La mayoría de artefactos eléctricos son de corriente alterna por lo que se hace indispensable el uso de un inversor. La aplicación más frecuente es la electrificación rural de viviendas con sistemas individuales capaces de cubrir las necesidades básicas. [3]

1.2.12.2 Sistemas conectados a la red

Este tipo de sistemas se encuentran instalados en sitios donde se dispone de electricidad teniendo como finalidad maximizar la producción de energía eléctrica inyectada a la red y contribuir con la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el medio ambiente.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red consta básicamente de un generador fotovoltaico adaptado a un inversor de CD/CA cuyo objetivo es aceptar la energía generada por el módulo para la conexión a la red eléctrica, presentada en la figura 1.13 a continuación y un medidor que permita contabilizar la energía producida por el sistema.

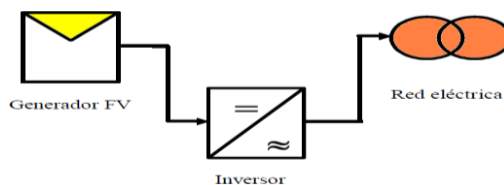


Figura 1.13 Esquema de un sistema conecta a la red eléctrica
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Nota la figura "1.13" fue modificada del texto de Instalaciones solares fotovoltaicas de José Roldan por: López Edison y Garzón Juan.

Para poner en funcionamiento este tipo de instalaciones fotovoltaicas es imprescindible tener un punto de conexión a la red eléctrica que permita proporcionar la energía generada, este punto de conexión lo determina la compañía distribuidora.

Este tipo de instalaciones no necesariamente necesitan de un sistema de almacenamiento debido a que la energía producida se la puede utilizar directamente en el consumo o suministrar a la red eléctrica de distribución. [2]El inversor capaz de convertir la corriente continua en corriente alterna debe estar perfectamente sincronizado con la red eléctrica en fase y frecuencia.

Para que la interconexión sea factible es necesario:

- La presencia de una línea de distribución eléctrica, con la capacidad de admitir la energía producida por el sistema fotovoltaico.
- Planificar un sistema que introduzca equipos de calidad en cuanto a generación y transformación, con las protecciones adecuadas y garantizadas.
- Acuerdo con la compañía distribuidora. [11]

1.2.12.3 Sistemas híbridos

Son aquellas instalaciones que combinan los sistemas fotovoltaicos con otras fuentes de energía (sistemas eólicos, biomasa, mareomotriz, generadores, etc.) para garantizar la confiabilidad de la instalación y evitar depender plenamente de un medio de generación. Utilizando la energía fotovoltaica y la energía eólica, se puede alcanzar cubrir las necesidades de consumo a un alto nivel cercano al cien por ciento, como se muestra en la siguiente figura 1.14 a continuación.

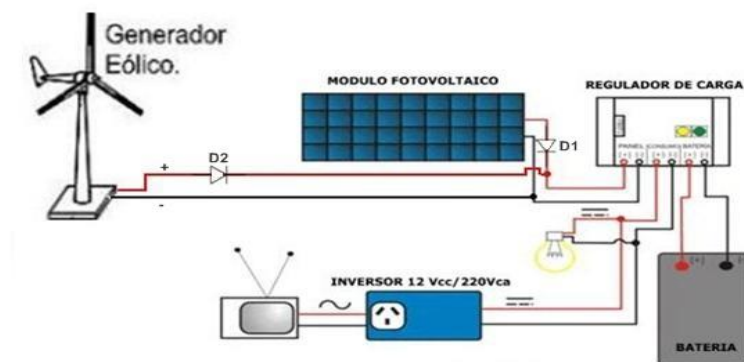


Figura 1.14 Esquema de un sistema híbrido
Fuente: [1]Curso de energía solar

1.2.13 Ventajas de los sistemas solares fotovoltaicos

- La instalación es relativamente simple y requiere de un mínimo de mantenimiento
- Es una energía accesible y gratuita en cualquier parte del planeta siendo el sol una fuente limpia e inagotable.
- Contribuye con el medio ambiente evitando emisiones de CO₂ y gases contaminantes minimizando el impacto ambiental, pero se debe tener claro que ninguna fuente de energía es 100% inofensiva debido a que para la fabricación de celdas solares se necesita un elevado consumo energético y la utilización de elementos tóxicos por lo que los fabricantes reducen el consumo de estos compuestos.
- Este tipo de instalaciones se caracterizan por su larga duración y no producir ruido.
- Es una excelente solución para la generación de electricidad en zonas aisladas a la red eléctrica.
- Soporta condiciones climáticas externas (viento, humedad, temperatura)
- El desarrollo rápido y madurez que va tomando esta tecnología permite que los gastos disminuyan.
- La modularidad es muy importante porque permite una gran flexibilidad y adaptabilidad de los sistemas de acuerdo a las necesidades.
- Se lograría concientizar racionalmente el uso de la energía eléctrica por parte de los usuarios, logrando un respeto hacia el medio ambiente.
- Se puede evitar que las compañías eléctricas sobredimensionen sus instalaciones para abastecer picos de demanda. [12]

1.2.14 Desventajas de los sistemas solares fotovoltaicos

- Se requiere una gran inversión inicial debido al alto costo de su instalación.
- Tiene ciertas limitaciones de consumo en periodos donde no se tiene sol, utilizando únicamente la energía acumulada.
- Un problema es el impacto visual debido a que suelen ocupar grandes extensiones de terreno y la estética de las edificaciones puede verse afectada.

1.3 Radiación solar

La radiación o irradiación solar llega a la tierra diariamente en formas de longitud de onda atravesando la atmósfera, “la cantidad de energía es 10.000 veces mayor que la consumida en un día por todo el mundo⁸”, siendo el Ecuador favorecido al tener poca variabilidad en la posición del sol para generar electricidad y calor. “En particular, en la región Interandina ecuatoriana, la radiación media es del orden de 1.600 kWh. /m²Año.”⁹

La constante solar es el valor de radiación por centímetro cuadrado expuesto perpendicularmente a los rayos del sol en la parte superior de la atmósfera. La energía solar que llega a la superficie terrestre se da por vías de radiación directa o por reflexión de la radiación solar absorbida por el aire y la contaminación atmosférica denominada radiación difusa, como se muestra en la figura 1.15 a continuación. El aprovechamiento de la energía solar está restringido por algunos factores tales como la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre, la temperatura del sol y las condiciones climatológicas en diferentes lugares. El valor de radiación solar disminuye en la atmósfera debido a efectos de reflexión, absorción y dispersión. Solo el 51% de la energía solar llega a la superficie terrestre.



Figura 1.15 Radiación solar

Fuente: [13] <http://www.kalipedia.com/acercade.html>

⁸Gobierno de España, Ministerio del Ambiente y medio rural y marino, Agencia Estatal de Meteorología “La radiación Solar” pdf, [En línea] Available http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf

⁹ Escuela Superior Politécnica del Litoral, Software DSpace, Copyright 2002-2004, Red nacional de investigación y Educación del Ecuador, [En línea] Available <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream>

1.3.1 Tipos de radiación solar

Como se ha mencionado anteriormente el sol es una poderosa fuente de energía que llega a la tierra en forma de radiación solar por este motivo, según como llegue la luz: la radiación solar tiene ciertas transformaciones al alcanzar la atmosfera terrestre, como se presenta a continuación en la figura 1.16 a continuación se la puede estudiar y clasificar en tres tipos:

- **Radiación directa (IB)**

Es aquella que se origina en el sol y llega de manera directa sin sufrir ninguna difusión atmosférica. Esta radiación incide sobre cualquier área con un ángulo único y preciso.

- **Radiación difusa (ID)**

La radiación solar viaja de forma directa hacia la superficie de la tierra, pero las partículas y los gases que se encuentran en la atmosfera son los encargados de desviarla, generando así radiación difusa, por ejemplo en un día nublado es prácticamente en su totalidad difusa.

- **Radiación reflejada (IA)**

Es aquella que penetra la atmosfera y se refleja en las nubes siendo también absorbida por estas. Esta radiación va en toda dirección resultado de las reflexiones y absorciones por las nubes o el polvo. Por lo general no produce sombra.

La radiación reflejada aumenta considerablemente en los lugares más fríos del planeta por el efecto de la nieve que trabaja como un espejo frente a la radiación y prácticamente disminuye en las zonas cálidas o estaciones de verano por el efecto de absorción de la hierba, área o terreno. [14]

- **Radiación total**

En conclusión la radiación total que llega a la superficie terrestre es la sumatoria de las radiaciones directa, difusa y reflejada.

$$I_{\text{Total}} = I_{\text{directa}} + I_{\text{difusa}} + I_{\text{reflejada}}$$

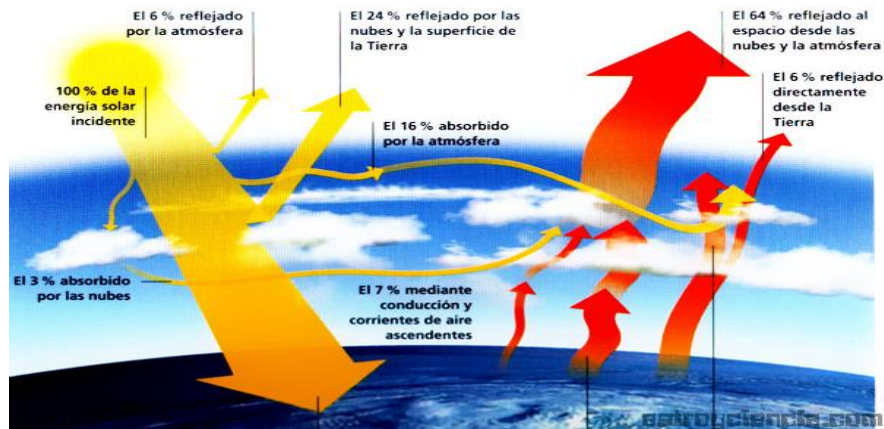


Figura 1.16 Tipos de radiación solar
Fuente: [15]<http://blog.technosun.com/?p=3575>

1.3.2 Dirección de la radiación solar

Para determinar la dirección de la radiación solar se considerara la siguiente nomenclatura:

- **Latitud (φ)**

Indica la posición angular del sitio en donde se encuentre el plano a estudiar, tomando valores positivos en el hemisferio Norte y negativos en el hemisferio Sur ($-90^\circ \leq 0 \leq 90^\circ$).

- **Elevación (Γ)**

Angulo que forma la dirección del sol con la superficie horizontal.

- **Declinación (δ)**

Es la posición angular del sol al medio día con respecto al plano el Ecuador, existe una declinación máxima en solsticio de verano 23.27° y mínima en invierno -23.27°

Cooper en 1969 planteo la siguiente fórmula matemática:

$$\delta(^{\circ}) = 23,45^{\circ} \left(\frac{\pi}{180} \right) * \text{sen} \left[2\pi \frac{(dn+284)}{365} \right] \quad (1.1)$$

dn = días del año (1,2,3,....., 365)

- **Inclinación (β)**

Indica el ángulo de inclinación entre el área que logra alcanzar la radiación respecto a la horizontal ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$), una superficie vertical tendría un $\beta = 0$.

- **Ángulo de acimut (α)**

Es el ángulo de desvío que forma la normal a la superficie, respecto al meridiano local ($-180^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$). Se consideran valores positivos para áreas que se orientan al oeste y negativo para áreas orientadas hacia el este.

- **Ángulo acimutal del sol (θ_s)**

Es el desvío de proyección de la radiación solar directa.

$$\cos \theta_s = \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \alpha + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \alpha \cos \omega + \cos \delta \sin \alpha \sin \omega \quad (1.2)$$

Cuando el ángulo de acimut es 0°

$$\cos \theta_s = \sin \delta \sin (\varphi - \beta) + \cos \delta \cos (\varphi - \beta) \cos \omega \quad (1.3)$$

- **Ángulo solar horario (ω)**

Es el ángulo en que el sol se desplaza alrededor de la tierra en sentido horario debido a la rotación de la tierra, siendo negativo en la mañana y positivo en la tarde. Al mediodía y en cualquier latitud es 0° .

- **Ángulo cenital (θ_z)**

Es el ángulo entre la radiación directa y un objeto en la superficie. Es de 0° cuando la radiación se encuentra directa a la superficie y 90° cuando se encuentra en el horizonte. Se lo calcula con la siguiente expresión:

Se puede visualizar en la siguiente figura 1.17 a continuación. [16]

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (1.4)$$

A medio día:

$$\theta_z = \varphi - \delta$$

Al amanecer:

$$\theta_z = 0^\circ$$

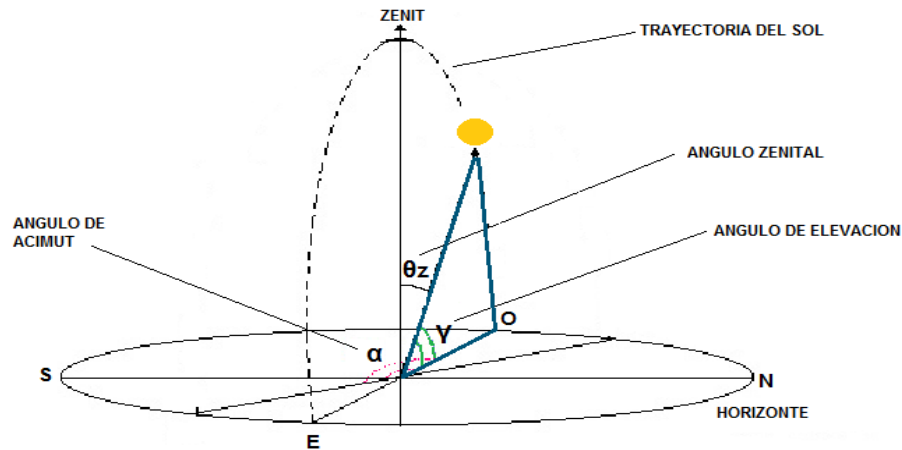


Figura 1.17 Posición del sol

Fuente:

[17] http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/08_lecciones/8_lecciones.htm

1.3.3 Irradiancia

Es la incidencia de potencia solar sobre una superficie en una determinada área presentando cambios durante el día, empezando desde cero en la noche y aumentando a medida que sale el sol, su nivel elevado es alrededor del mediodía, y disminuye con el ocaso. Se mide en W / m^2 .

1.3.4 Irradiación

Es la energía que llega a la superficie en una determinada área en un cierto periodo de tiempo (horas, días, meses, años), se expresa en kWh / m^2 .

La irradiación solar se la puede calcular:

$$H = E \times t \quad (1.5)$$

Dónde:

H = Irradiación solar (Wh/m^2)

E = Irradiancia solar (W/m^2)

t = Tiempo en horas

1.3.5 Insolación-heliofanía

Representa las horas de sol de radiación directa que el lugar ha recibido en un periodo de tiempo, para su medición efectiva se requiere de un heliofanógrafo.

1.3.6 Unidades en energía solar

La radiación y la potencia solar así como algunas variables pueden ser medidas con diferentes unidades. En la siguiente tabla 1.2 se puede visualizar las unidades que generalmente se utilizan.

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CONVERSIÓN
Potencia solar		
Wp	Vatios pico	
W	Vatios	
kW	Kilovatios (1000 w)	
W/m ²	Vatios por metro cuadrado	
Energía solar		kWh / m²
kWh/m ²	kWh por metro cuadrado	1
Kj / cm ²	Kj por centímetro cuadrado	2,778
Mj / m ²	Mj por centímetro cuadrado	0,2778
Kcal / cm ²	1000 calorías por centímetro cuadrado	11,67
Btu / ft ²	Unidades térmicas británicas por pie cuadrado	0,0428
Langley	Calorías por centímetro cuadrado	0,0116

Tabla 1.2 Unidades utilizadas en energía solar

Fuente: [18] *Unidades de Energía solar*

1.4 Determinación del recurso solar

1.4.1 Cuantificación del recurso solar

Cuantificar el recurso solar es indispensable en una instalación de energía solar fotovoltaica que funciona mediante la captación de luz emitida por el sol. Para esto se requiere una variedad de elementos y equipos de medición.

1.4.2 Instrumentos de medición

Para establecer la magnitud del recurso solar se dispone de varias formas y métodos de medición, con los cuales se puede cuantificar la radiación directa, difusa, albedo, global, total y brillo solar. En la tabla 1.3 se muestran los principales instrumentos para la medición del recurso solar.

INSTRUMENTACIÓN SOLAR	
Instrumento de medida	Detalle de medición
Solarímetro	También llamado Piranómetro. Este instrumento mide la radiación solar total.
Heliógrafo	Este instrumental mide la insolación, que son las horas de sol brillante que tiene el día.
Actinómetro	También llamado Pirheliómetro. Es el instrumento capaz de medir la radiación directa.
Actinógrafo	Este instrumento permite medir la radiación global.
Celdas fotoeléctricas	Dispositivo que se basa en el efecto fotoeléctrico y que convierte la radiación solar directamente en electricidad.

Tabla 1.3 Instrumentación solar
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

1.4.2.1 Solarímetro - piranómetro

El piranómetro es un instrumento para medir la radiación solar sobre una superficie plana. Es uno de los equipos más utilizados para medir la radiación solar y puede medir la radiación directa y difusa sobre un plano horizontal de 180 grados. Está diseñado para medir la densidad de flujo de radiación solar (Vatios por metro cuadrado), como se muestra en la siguiente figura 1.18 a continuación.



Figura 1.18 Piranómetro

Fuente: [19]<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/institucional.html>

Detalles técnicos:

La respuesta al flujo de radiación varía con el coseno del ángulo de incidencia; por ejemplo, máxima respuesta cuando el flujo incide perpendicularmente sobre el sensor (0°), respuesta nula cuando el sol está en el horizonte (90°) o valores intermedios de respuesta, cuando el ángulo de incidencia está entre los anteriores.

1.4.2.2 Heliógrafo

Es un instrumento que mide y registra las horas de sol efectivas en el día, su funcionamiento principal se basa en la duración de la insolación que concentrando los rayos solares sobre una banda de cartulina teñida de azul que se quema en el punto en que se forma la imagen del sol.

Se utiliza como focalizadores en una esfera de cristal, de esta manera no es necesario mover este foco constantemente debido al movimiento aparente del sol a lo largo del día y del estacionario, como se muestra en la siguiente figura 1.19 a continuación.



Figura 1.19 Heliógrafo

Fuente: [20]<http://www.eltiempodelosaficionados.com/PARAQUESIRVE.html>

La función de la banda es fijar por medio de ranuras a un soporte curvo y concéntrico con la esfera que tiene impresa una escala de 30 minutos. Si el sol luce durante todo el día sobre la banda se forma una traza carbonizada continua y la duración de la insolación se determina midiendo la longitud de la traza carbonizada. *“Si el sol brilla de forma discontinua, dicha traza es intermitente. En este caso, la insolación se determina sumando la longitud de las trazas resultantes.”*¹⁰

1.4.2.3 Actinómetro –Pirheliómetro

Los pirheliómetros son instrumentos que sirven para valorar la radiación solar directa. Su principal característica es que tiene una abertura y un visaje de recepción que debe permanecer siempre normal a los rayos solares, como se muestra en la siguiente figura 1.20 a continuación.

¹⁰ Centro de Información y Boletines Meteorológicos (CIBOMET), Instrumentos meteorológicos, (online), <http://www.meteorologiard.com/2011/09/instrumentos-meteorologicos.html>



Figura 1.20 Pirheliómetro

Fuente: [18]<http://www.geofisica.unam.mx/ors/atlas.php>

Hay diferentes tipos de pirheliómetros y dependiendo de la inversión disponible para los instrumentos de captación, de los objetivos de precisión, se seleccionará la utilización de unos u otros, (pirheliómetros absolutos o pirheliómetro de compensación)

1.4.2.4 Actinógrafo

Es un instrumento que permite reconocer y medir la radiación solar global directa y difusa, diferenciando la temperatura entre estas. Su funcionamiento está basado en una banda metálica pintada de negra y dos bandas metálicas similares pintadas de color blanco, expuestas directamente a la radiación solar, como se muestra en la siguiente figura 1.21 a continuación.



Figura 1.21 Actinógrafo

Fuente: [21]<http://stoa.usp.br/samanthansm/weblog/friends/>

1.5 Recurso solar en el Distrito Metropolitano de Quito

El Distrito Metropolitano de Quito es un lugar que debido a su ubicación geográfica, tiene muchas ventajas para el aprovechamiento de la energía solar, tomando en cuenta la inclinación del ángulo de incidencia de luz solar, prácticamente en forma perpendicular directa durante los 365 días del año a diferencia a otros países

que no cuentan con este recurso durante todo el año ya que su ángulo de inclinación de incidencia de luz solar cambia por su ubicación geográfica y varía acorde a la estaciones del año.

La ventaja posicional del Ecuador, se traduce en una recepción amplia y constante de radiación solar, la misma que varía dentro de todo el país debido al cambio en sus condiciones climatológicas locales.

En el Anexo A se observa un mapa de presentación de la radiación media anual respectivamente del Ecuador para la zona de Pichincha.

1.5.1 Atlas solar del Ecuador

Tomando en cuenta un potencial masivo de energía solar, como fuente de energía limpia para el país, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), presenta el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”.

En el Anexo B se observa un mapa de presentación de insolación difusa promedio respectivamente del Ecuador para la zona de Pichincha en el cual existe un promedio de 2200 a 2300 Wh/m²/día. También en un promedio total a nivel nacional de 2737.05 Wh/m²/día con una desviación estándar de 196.8932 Wh/m²/día.

En el Anexo C se encuentra el mapa de insolación directa promedio para el estudio de esta zona, donde refleja un promedio de 3900 a 4500 Wh/m²/día. Con un promedio total a nivel nacional de 2543.01 Wh/m²/día con una desviación estándar de 643.1827 Wh/m²/día.

El Anexo D permite observar el mapa de insolación global promedio. Para el Ecuador tenemos un promedio de 4000 a 4500 Wh/m²/día. [22]

1.5.2 Recurso solar

Para tener una expresión clara de los porcentajes y análisis del recurso solar en el Distrito Metropolitano de Quito se realiza un análisis de las curvas de irradiación (kWh/m²). Mediante los datos de irradiación solar anuales se puede determinar la cantidad de energía generada en la instalación solar.

1.5.2.1 Irradiación difusa

Valores promedio mensuales según la NASA, como se muestra en la siguiente tabla 1.4 a continuación.

Distrito Metropolitano de Quito

- Longitud: 78°31'30"W
- Latitud: 00°13'47"S.

RADIACIÓN DIFUSA (Kwh/m ²)		
NASA (kWh/m ²) /día		CONELEC (kWh/m ²) /día
MES		
Enero	2,03	2,925
Febrero	1,97	3,103
Marzo	2,06	3,002
Abril	2,06	2,839
Mayo	1,91	2,556
Junio	1,82	2,425
Julio	1,91	2,467
Agosto	2,07	2,657
Septiembre	2,24	2,682
Octubre	2,18	2,789
Noviembre	1,99	2,69
Diciembre	1,93	2,703
Promedio	2.01	2,741

Tabla 1.4 Radiación Difusa.

Fuente: [23]<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=>

1.5.2.2 Irradiación directa

El promedio mensual de irradiación directa en un periodo de 22 años (junio 1983 - julio 2005) según valores tomados de la página Web de la NASA es alta en comparación con el valor promedio de insolación directa según el CONELEC que es muy baja, como se muestra en la siguiente tabla 1.5 a continuación. [22] [23]

Valores promedio mensuales según la NASA:

RADIACIÓN DIRECTA	
Mes	(kWh/m ²) /día
Enero	4,92
Febrero	6,09
Marzo	5,96
Abril	5,23
Mayo	5,15
Junio	5,14
Julio	4,65
Agosto	4,37
Septiembre	4,2
Octubre	4,57
Noviembre	5,35
Diciembre	5,29

Tabla 1.5 Radiación directa.

Fuente: [23]<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=>

Valor promedio: 5,07666667 (kWh/m²) /día

1.5.2.3 Irradiación global

En el Distrito Metropolitano de Quito el promedio de irradiación según valores tomados de la NASA en los últimos 22 años (julio1983 – junio 2005) es de 5,46 (kWh/m²) /día lo cual significa que es un nivel de insolación alto. Según los datos del Atlas Solar del CONELEC el nivel de radiación es 4,5746 (kWh/m²) /día siendo un promedio aceptable, como se muestra en la tabla 1.6 y figura 1.22 a continuación. [22] [23]

RADIACIÓN GLOBAL EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (kWh/m ²)		
Mes	NASA	CONELEC
Enero	5.28	4.41
Febrero	6.17	4.48
Marzo	6.28	4.65
Abril	5.72	4.36
Mayo	5.37	4.27
Junio	5.18	4.14
Julio	4.99	4.3
Agosto	5.09	4.62
Septiembre	5.21	4.97
Octubre	5.38	4.68
Noviembre	5.57	4.94
Diciembre	5.38	4.83
Promedio	5.47	4.6

Tabla 1.6 Radiación solar en el Distrito Metropolitano de Quito
Fuente: [22] [23] <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=>

PROMEDIO INSOLACION EN CIELO DESPEJADO

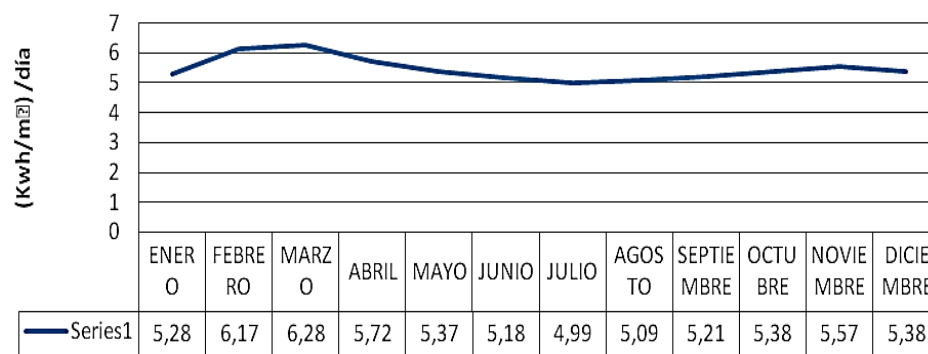


Figura 1.22 Promedio de insolación, cielo despejado
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Valor promedio = 7,2675 (kWh/m²) /día

Gracias a estos valores se puede realizar un cuadro de comparación con los datos de irradiación de países de Centro y Sur de América el cual refleja directamente que Ecuador, principalmente la ciudad del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra como una de las potencias para la generación de energía eléctrica solar fotovoltaica. [24]

El aprovechamiento puede ser relevante y de gran beneficio en relación a países de comparación, como España, Alemania y otros donde se realiza una explotación de

este recurso con una aportación significativa para la empresa distribuidora de energía eléctrica. La siguiente tabla 1.7 muestra el uso de la energía solar en América Central y América del Sur es muy recomendable. Los niveles de Insolación son altos o muy altos.

PAÍS	CIUDADES	NIVEL DE IRRADIACIÓN (KWH/M2) /DÍA
Costa Rica	San José	5,55
El Salvador	San Salvador	5,43
Guatemala	Guatemala City	5,41
Honduras	Tegucigalpa	5,41
Nicaragua	Managua	5,48
Panamá	Panamá City	5,83
Jamaica	Kingston	5,35
Puerto Rico	San Juan	6,09
Colombia	Bogotá	5,78
Colombia	Cali	5,66
Colombia	Cartagena	5,51
Ecuador	Guayaquil	5,39
Ecuador	Quito	5,46
Perú	Lima	5,25
Argentina	Buenos Aires	5,07
Bolivia	La Paz	6,03
Paraguay	Asunción	6,18
Venezuela	Caracas	6,24
Para comparar		
Oslo	Noruega	2,75
España	Madrid	4,75
Alemania	Berlín	2,68
Alemania	Múnich	3,15
Italia	Roma	4,65

Tabla 1.7 Niveles de insolación en América Central y América del Sur

Fuente: [24] *La energía solar*

Se debe tomar en cuenta condiciones climáticas del sitio como la temperatura y la velocidad del viento, como se muestra en la tabla 1.8 a continuación de temperatura ambiente y velocidad media a 50 m sobre la superficie. [22] [23]

MES	TEMPERATURA AMBIENTE °C	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO A 50M SOBRE LA SUPERFICIE (M/S)
Enero	11.9	4.62
Febrero	11.9	4.4
Marzo	12.2	3.78
Abril	12.5	4.08
Mayo	12.7	5.59
Junio	12.3	4.84
Julio	12	4.67
Agosto	11.7	4.63
Septiembre	11.8	4.86
Octubre	11.7	5.14
Noviembre	11.7	4.8
Diciembre	11.7	4.11
Promedio	12	4.63

Tabla 1.8 Condiciones climatológicas en el Distrito Metropolitano de Quito

Fuente: [23]<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=>

CAPÍTULO 2

DEMANDA

Resumen

En el siguiente capítulo se realiza el estudio de la demanda tipo existente y el consumo en el Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de determinar sus principales características. Con este estudio se pretende determinar un nicho adecuado para implantar la generación en base de energía solar fotovoltaica.

2.1 Determinación de la demanda tipo

La demanda es una medida de potencia consumida por las cargas en un determinado periodo de tiempo, cuya variación depende del número de cargas instaladas. Tener control sobre la demanda eléctrica es muy importante para el usuario, debido a que se logra obtener un ahorro económico, un porcentaje menor en la facturación y una reducción de cargos por consumo. [25]

En la mayoría de los casos, los cargos por demanda se incluyen como un componente de la factura de servicio eléctrico para empresas y para clientes comerciales e industriales. Controlar la demanda se entiende como la acción de interrumpir o regular por intervalos de tiempo el suministro a ciertas cargas eléctricas, y que estas operen de manera óptima, como por ejemplo (iluminación, calefactores, motores, etc.) consumos que recaen directamente sobre la demanda máxima facturable, a fin de reducir o limitar los niveles de consumo en razón de los cargos tarifarios.

2.1.1 Relevancia de la demanda eléctrica

Las empresas distribuidoras en nuestro país tienen como principal objetivo el brindar confiabilidad del sistema, eficiencia y continuidad en el servicio de energía eléctrica al usuario. Estipulan un plan de administración para preparar y ajustar sus equipos con el fin de disponer la capacidad de entregar la energía eléctrica que se espera provea.

Para lograr esto la empresa distribuidora coordina y calcula la capacidad de las líneas de transmisión de energía eléctrica, transformadores, subestaciones, protecciones, y otros equipos que son necesarios para proporcionar la energía eléctrica al cliente en todo momento.

“La demanda determina la inversión que la empresa proveedora de servicios de transmisión y distribución debe realizar para suministrar electricidad a diferentes instalaciones de manera efectiva. Tal inversión se recupera asignando cargos por demanda de acuerdo al consumo de cada cliente”¹¹. [26]

2.1.2 Consumo de energía eléctrica

Es la cantidad de energía eléctrica utilizada durante un intervalo de tiempo determinado, es la base de cálculo de las facturas eléctricas y se mide en unidades de kilovatio – hora (kWh). Como se sabe las cargas raramente operan de forma constante, por esta razón se debe determinar el tiempo de operación de cada tipo de carga.

2.1.3 Demanda eléctrica

Es la potencia consumida por las cargas en un cierto instante de tiempo, la demanda eléctrica no es constante y varía dependiendo del tipo de usuario y el mes, en algunos casos se incluye como un componente de la factura de servicio eléctrico para clientes comerciales e industriales. Se caracteriza por presentar una elasticidad muy reducida en el corto plazo. [27]

2.1.4 Cargos por demanda

Se debe tomar en cuenta que la demanda de una empresa o cliente puede ser mayor a otra empresa, por este motivo la empresa distribuidora está en capacidad y posee la autoridad para realizar un análisis de que elementos se necesitan para abastecer las nuevas demandas como por ejemplo: líneas eléctricas más extensas, transformadores de mayor capacidad, etc. *“Para recuperar el costo de este equipo de mayores dimensiones, las empresas proveedoras de servicios de transmisión y distribución evalúan los cargos por demanda individuales para cada empresa proveedora de servicio eléctrico”¹²*. En la mayoría de los casos, las empresas proveedoras de servicio eléctrico transfieren estos cargos a los clientes particulares. [26]

¹¹T. e. R. Company, "TXU energy," [Online]. Available: <http://www.txu.com/es/property-management/customer-care/understanding-demand.aspx>. [Accessed 25 Junio 2012]

¹²«TXU Energy,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.txu.com/es/small-business/customer-care/understanding-demand.aspx>. [Último acceso: 17 Febrero 2013].

2.1.5 Medición de la demanda

Como se entiende la demanda cambia de acuerdo al cliente y al mes. Para tener un registro de la demanda, existen algunos medidores especiales que controlan el flujo de la energía eléctrica que se suministra a los clientes de manera individual depende los casos de consumo eléctrico. *“Este control se lo realiza durante un periodo de tiempo determinado, generalmente este intervalo de tiempo es de 15 minutos .En el transcurso de un mes, el intervalo de 15 minutos con la mayor demanda se registra y se vuelca a la factura mensual.”*¹³

2.1.6 Estimación de la demanda

2.1.6.1 Receptores de energía eléctrica

Los receptores de energía eléctrica, son los dispositivos, maquinas o equipos capaces de transformar la energía eléctrica en cualquier otra clase de energía, estas energías pueden ser transformadas en diferentes tipos tales como: térmicos, lumínicos, mecánicos, electroquímicos, acústicos, etc.

Los receptores de energía eléctrica se clasifican mediante diversos criterios los principales son: voltaje nominal de servicio, frecuencia nominal de servicio. Desde el punto de vista de confiabilidad y continuidad: el equipamiento y el régimen de trabajo.

Receptores para corriente alterna

Se pueden clasificar por su voltaje de trabajo, esto quiere decir que se dividen en receptores de:

- *“Receptores de baja tensión. (Tensión de servicio menor a 600V.)*
- *Receptores de media tensión. (Tensión de servicio entre 600V y 40kV.)*
- *Receptores de alta tensión. (Tensión de servicio mayor a 40kV.)”*¹⁴

Receptores según su trabajo de confiabilidad y continuidad del servicio

Los receptores, según su trabajo de confiabilidad y continuidad del servicio, se dividen en tres grupos de trabajo:

Los receptores cuyas desconexiones ponen en peligro la vida de las personas: este tipo de receptor provee un sistema de seguridad de alimentación para su trabajo, sirve para mantener el funcionamiento del equipo esencial para establecer la seguridad del

¹³G. Frahling, «Linguee,» Netzathleten Media, Octubre 2007. [En línea]. Available: <http://www.linguee.es/espanol-ingles/traduccion/factura+mensual.html>. [Último acceso: 13 Septiembre 2012].

¹⁴Empresa Eléctrica Quito, Adriana T., «Pliego tarifario Vigente,» Quito, 2012.

personal. Los receptores cuya desconexión implica pérdidas de materiales importantes, esto quiere decir sistemas que se encuentran acoplados equipos de respaldo para prevenir y mantener el funcionamiento de instalaciones o parte de estas en caso de una falla de la alimentación normal, sin olvidar la seguridad de las personas. Y receptores que no queden incluidos en las categorías anteriores.

Receptores según el tipo equipamiento

Los receptores según su tipo de equipamiento se determinan a partir del tipo de carga de trabajo que puede ser inductiva, capacitiva, resistiva, se consideran los efectos del diseño de la instalación como una carga fija, estos se dividen en los siguientes:

- Motores eléctricos.
- Dispositivos de estado sólido.
- Equipos de calefacción, hornos eléctricos
- Equipos de alumbrado
- Maquinas herramientas, asociado a un tomacorriente de uso específico
- Equipos de oficina y vivienda.

- **Motores eléctricos**

Los motores eléctricos consumen energía eléctrica de la línea de alimentación y esta la transforma en energía mecánica disponible en el eje. Esta transformación se genera con un punto de eficiencia según el rendimiento del motor.

- **Dispositivos de estado sólido**

Los dispositivos de estado sólido son aquellos equipos que contienen materiales de uso de baja tensión y de operación en instalaciones eléctricas, estos pueden ser convertidores de corriente alterna continua que sirven para alimentar y controlar la velocidad de motores de corriente continua. Los arrancadores suaves para motores de inducción, y variadores de frecuencia para motores.

- **Cargas resistivas**

Elementos de cargas resistivas son aquellos que su potencia aparente consumida es iguala a la potencia nominal indicada por el fabricante, ya que las mismas no consumen potencia reactiva, ni estas utilizan ningún equipo auxiliar para la conexión a la red que agregue el consumo de la potencia, se toman en cuenta también las cargas de calefacción, lámparas incandescentes, etc.

Receptores según su régimen de operación

Receptores que trabajan según un régimen continuo o poco variable, estos receptores pueden trabajar en tiempos prolongados después de llegar a su temperatura máxima estos no tienen ningún inconveniente de funcionamiento.

Receptores de trabajo según su régimen de corta duración, estos receptores se caracterizan por tener ciclos cortos de funcionabilidad, es decir que no llega a su temperatura máxima, luego de un reposo, tal que le permita disminuir su temperatura hasta la del ambiente.

Y los receptores que operan bajo un régimen intermitente, estos receptores pueden trabajar en ciclos muy cortos, es decir no llegan a su temperatura máxima pero tampoco disminuyen su temperatura hasta la del ambiente.

2.1.6.2 Factores de demanda

En la base de las potencias demandadas según su régimen de función de los receptores, se procede a calcular la demanda por instalación tomando en cuenta que esta puede ser: residencial, comercial e industrial. Asimilando diferentes factores para cada carga de cada receptor y su diversidad de uso. [28]

- **Factor de Utilización**

Para condiciones normales de trabajo, la potencia consumida por cualquier tipo de carga es algunas veces menor que la sugerida como su potencia nominal. El factor de utilización para su cálculo se define como el cociente entre la potencia efectiva demandada por el consumidor, y la potencia nominal de la semejante. [28]

- **Factor de Simultaneidad**

El factor de simultaneidad para el cálculo se define como el cociente entre la demanda máxima de un grupo y la suma de las demandas máximas de cada carga diferente del grupo. [28]

- **Factor de Demanda**

Este factor se define para cada uno de los receptores que se obtenga en el proyecto, como el coeficiente entre la potencia máxima que se puede demandar del conjunto de receptores, y la potencia instalada correspondiente al mismo conjunto, que agremia a los factores de simultaneidad y utilización. Este factor principalmente está a responsabilidad del proyectista, el cual requieren de un determinado del conocimiento detallado de la instalación con las condiciones de cada carga. [28]

- **Factor de Reserva**

Este factor se calcula dependiendo y estimando las extensiones previstas por las instalaciones presentes o futuras que se puedan realizar, no obstante de no tener la información precisa, se debe considerar un rango de 20 % a 30 % de reserva para cualquier ampliación futura. [28]

- **Consumo stand by**

Se denomina consumo de stand by a los equipos eléctricos que después de ser apagados siguen consumiendo electricidad esto quiere decir que se encuentran desactivados pero conectados a la red consumiendo un porcentaje de energía, su estado de espera es para recibir órdenes, por ejemplo como; televisores, reproductores de audio, aire acondicionado, computadores, frigoríficos, alimentadores o cargadores, etc. Los aparatos en modo de espera o stand by siguen consumiendo electricidad, y debido al incremento del número de dispositivos eléctricos ese consumo supone con el tiempo una cifra significativa.

“Si bien este gasto de manera individual puede no ser tan considerable, esto podría suponer hasta el 10% del consumo de energía de hogar. Por esta razón, es

recomendable tratar de apagar y desconectar los artefactos cuando no se encuentran en uso.”¹⁵

2.1.7 Tarifas de baja tensión

Esta tarifa será aplicada a consumidores Residenciales, Residenciales temporales, Escenarios deportivos, Industria artesanal, Instalaciones de bombeo de agua sin demanda, comercial y entidades públicas sin demanda, asistencia social y beneficio Público sin demanda, tarifa general con demanda. [29].

2.1.7.1 Tarifa residencial

Es aplicada a consumidores residenciales sin importar el tamaño de la carga conectada. *“En el caso que el consumidor residencial sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea en Baja Tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalentes a un 2% en el monto total de energía consumida.”¹⁶*

El Cliente debe pagar:

- El consumidor tiene un cargo por comercialización en US\$, independiente del consumo de energía.
- Los cargos por energía se incrementaran en USD/kWh, dependiendo de la energía consumida por el cliente, como se muestra en la tabla 2.1 a continuación.

¹⁵El coste del stand by, Economía Simple. Net ,[En línea] Available <http://www.economiasimple.net/el-coste-del-stand-by.html>

¹⁶ CONELEC, Pliego tarifario para empresas eléctricas, Servicio Eléctrico, 2012, pp. 7

BLOQUE DE CONSUMO kWh	CARGOS POR CONSUMO US\$	
0-50	0,068	por cada kWh de consumo en el mes
51-100	0,071	por cada uno de los siguientes 50kWh de consumo en el mes
101-130	0,073	por cada uno de los siguientes 30kWh de consumo en el mes
131-150	0,081	por cada uno de los siguientes 20kWh de consumo en el mes
151-200	0,087	por cada uno de los siguientes 50kWh de consumo en el mes
201-250	0,089	por cada uno de los siguientes 50kWh de consumo en el mes
251-300	0,089	por cada uno de los siguientes 50kWh de consumo en el mes
301-350	0,089	por cada uno de los siguientes 150kWh de consumo en el mes
351-500	0,1185	por cada uno de los siguientes 200kWh de consumo en el mes
501-700	0,1351	por cada uno de los siguientes 300kWh de consumo en el mes
701-1000	0,1609	por cada uno de los siguientes 500kWh de consumo en el mes
1001-1500	0,2652	por cada uno de los siguientes 1000kWh de consumo en el mes
1501-2500	0,4261	por cada uno de los siguientes 1000kWh de consumo en el mes
2501-3000	0,6712	por cada uno de los siguientes kWh de consumo en el mes

Tabla 2.1 Cargos tarifarios para usuarios residenciales

Fuente: [29]Pliego tarifario

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414. [29]

2.1.7.2 Tarifa residencial temporal

Es aplicada a consumidores cuya residencia no es permanente en el sector de servicio, y la energía eléctrica es empleada para uso doméstico (fines de semana, vacaciones, etc.)

El Cliente debe pagar:

- El consumidor tiene un cargo por comercialización en US\$, independiente del consumo de energía.
- Un precio único establecido en USD/KWh, por consumo de energía.

El cargo por cada KWh consumido en el mes es 0,089 US\$.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414. [29]

2.1.7.3 Tarifa general de baja tensión

Corresponde a los consumidores en actividades distintas a la categoría residencial, se refiere básicamente a la industria, el comercio y la prestación de servicios públicos y privados. *“En el caso que este consumidor sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea de Baja Tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2% en el monto total de energía consumida”*¹⁷. [30].

Tarifa general en baja tensión sin demanda

Esta tarifa se aplica a consumidores cuya potencia contratada o demanda facturable sea hasta 10KW, como se muestra en la tabla 2.2 a continuación, cargos tarifarios de la Empresa Eléctrica Quito.

Se aplicará a los abonados:

- Industrial Artesanal.
- Comercio y Entidades Oficiales.
- Escenarios deportivos
- Asistencia Social y Beneficio Público
- Instalaciones de bombeo de agua.
- Servicio Comunitario.
- Cultos religiosos (Locales dedicados a la enseñanza y predicación como centros de oración, capillas, iglesias.)

Los Clientes deberán pagar:

- Un cargo por comercialización en US\$, independiente del consumo de energía.
- Los cargos por energía varían en USD/kWh, dependiendo de la energía consumida por el cliente.

¹⁷ CONELEC, Pliego tarifario para empresas eléctricas, Servicio Eléctrico, 2012, pp. 8

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS		
Categoría:	General Baja Tensión sin Demanda	
Tipo de consumidor	Rango de consumo (kWh)	Cargos por consumo (US\$)
Comercial y Entidades oficiales, Escenarios deportivos, Bombeo de agua, Servicio comunitario	0 - 300	0,061
	Superior	0,084
Industrial Artesanal	0 - 300	0,052
	Superior	0,084
Asistencia Social y Beneficio Público	0 - 100	0,035
	101 - 200	0,038
	201-300	0,041
	Superior	0,079
Cultos Religiosos	0 - 100	0,035
	101 - 200	0,038
	201 - 300	0,041
	Superior	0,079

Tabla 2.2 Cargos tarifarios para usuarios generales de baja tensión sin demanda

Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo para uno de estos consumidores es US\$ 1,414. [29]

Tarifa general con demanda

Esta tarifa se aplica a consumidores cuya potencia contratada o demanda facturable sea mayor de 10kW, que disponen de un medidor que registre Demanda Máxima o aquellos que tienen potencia calculada, como se muestra en la tabla 2.3 a continuación.

Los clientes deberán pagar:

- Un cargo por comercialización en US\$, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia en dólares, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago sin derecho a consumo.
- Los cargos por energía varían en USD/kWh, dependiendo de la energía consumida por el cliente.

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS		
Categoría:	General Baja Tensión con Demanda	
Tipo de consumidor	Demanda (US\$/kW)	Cargos por consumo (US\$)
Comercial, Industrial, Entidades oficiales, Bombeo de agua, Escenarios deportivos, Servicio comunitario, Autoconsumos, Abonados especiales	4,182	0,068

Tabla 2.3 Cargos tarifarios generales para baja tensión con demanda

Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414. [29]

“En el caso de los consumidores de asistencia social y beneficio público, que cumplan con la condición de una potencia contratada o demanda facturable superior a 10KW, se aplican los mismo cargos tarifarios de media tensión.”¹⁸

Tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria

Esta tarifa se aplica a consumidores cuya potencia contratada o demanda facturable sea mayor de 10kW, que disponen de un medidor que registre demanda horaria y permita visualizar los consumos de potencia y energía, en los periodos horarios de punta, media y base, como se muestra en la tabla 2.4 a continuación.

El cliente deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en US\$, independiente del consumo de energía.
- Un valor por demanda en dólares, por cada kW de demanda facturable, como mínimo gasto sin derecho a consumo afectado por un factor de corrección.
- Un valor por energía en US\$/kWh, dependiendo de la energía consumida en el período de 07h00 hasta 20h00.
- Un valor por energía en US\$/kWh, dependiendo de la energía consumida en el período de 20h00 hasta 07h00, disminuido en un 20%.

¹⁸A. T., «Pliego tarifario Vigente,» Quito, 2012, pp. 9

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS			
Categoría:	General Baja Tensión con Demanda Horaria		
Tipo de consumidor	Demanda (US\$/kW)	Horario	Cargos por consumo (US\$)
Comercial, Industrial, Entidades oficiales, Bombeo de agua, Escenarios deportivos, Servicio comunitario, Autoconsumos, Abonados especiales	4,182	07h00 hasta 22h00	0,068
		22h00 hasta 07h00	0,054

Tabla 2.4 Cargos tarifarios generales de baja tensión con demanda Horaria
Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414. [29]

$$FC = \frac{DP}{DM} \quad (2.1)$$

Donde:

DP: Demanda máxima del consumidor en las horas pico de la empresa eléctrica (18h00 hasta 22h00).

DM: Demanda máxima mensual del consumidor.

Por ningún motivo este factor de corrección debe ser menor a 0.60 [28]

Tarifa general de baja y media tensión

Esta tarifa se aplicara y como se visualiza en la tabla 2.5 a continuación.

- Sistemas de bombeo de agua potable sin fines de lucro que abastecen a comunidades campesinas de bajos recursos económicos.

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS			
Categoría:	General Baja y Media Tensión con Demanda		
Tipo de consumidor	Demanda (US\$/kW)	Rango de consumo (kWh)	Cargos por consumo (US\$)
Bombeo de agua - Comunidades campesinas de escasos recursos económicos sin fines de lucro		0 - 300	0,040
		Superior	0,040

Tabla 2.5 Cargos tarifarios generales de media y baja tensión con demanda
Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 0,70, como se muestra en la tabla 2.6 a continuación. [29]

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS			
Categoría:	General Baja y Media Tensión con Demanda Horaria		
Tipo de consumidor	Demanda (US\$/kW)	Demanda Horaria	Cargos por consumo (US\$)
Cultos Religiosos	2,704		0,052
Asistencia Social y Beneficio Público	2,704		0,052
Asistencia Social y Beneficio Público	2,704	07h00 hasta 22h00	0,052
		22h00 hasta 07h00	0,042

Tabla 2.6 Cargos tarifarios generales de media y baja tensión con demanda horaria.
Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414 como se muestra en la tabla 2.7 a continuación. [29]

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. CARGOS TARIFARIOS			
Categoría:	General Media Tensión con Demanda		
Tipo de consumidor	Demanda (US\$/kW)	Demanda Horaria	Cargos por consumo (US\$)
Comercial, Industrial, Entidades oficiales, Bombeo de agua, Escenarios deportivos, Servicio comunitario, Autoconsumos, Abonados especiales	4,129		0,058
Comercial, Entidades oficiales, Bombeo de agua, Escenarios deportivos, Servicio comunitario, Autoconsumos, Abonados especiales	4,129	07h00 hasta 22h00	0,058
		22h00 hasta 07h00	0,046
Industriales	4,129	L - V 08h00 hasta 18h00	0,058
		L - V 18h00 hasta 22h00	0,072
		L - V 22h00 hasta 08h00	0,042
		S,D,F 18h00 hasta 22h00	0,058

Tabla 2.7 Cargos tarifarios generales de media con demanda horaria

Fuente: [30]CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.

En cuanto a comercialización independientemente del consumo de energía el cargo es US\$ 1,414. [29]

2.1.8 Precio preferente de energía solar fotovoltaica

Según la regulación N° 004/11 del CONELEC el precio de la energía renovable solar fotovoltaica en USD/kWh para territorio continental tiene un costo de 40,03 centavos de dólar, y para el territorio Insular de Galápagos un cargo de 44,03 centavos de dólar.

El precio de venta de energía después de concluir con el periodo de precios preferente, se negociará con la normativa actual presente. “*El CENACE despachará de manera obligatoria y preferente, toda la energía eléctrica que las centrales que usan recursos renovables no convencionales entreguen al sistema, hasta el límite del 6% de la capacidad instalada, y operativa de los generadores del Sistema Nacional*

Interconectado, según lo establecido la regulación complementaria del Mandato 15.”

¹⁹ [31]

En el punto de conexión con la red de distribución, el sistema de generación debe contar con equipos de control, protección, conexión, supervisión y medición. Los sistemas que generan más de 1MW acogidos a los precios preferentes de esta regulación no firmaran un contrato, pero deberán obtener el registro de conformidad con la regulación respectiva, visualizando que la potencia del Proyecto haga un excelente uso del recurso.

2.1.9 Demanda eléctrica del Ecuador

En el sector eléctrico ecuatoriano la demanda de energía y potencia ha ido en aumento en los últimos años. “Registrándose una tasa de crecimiento anual de energía en el periodo 2001-2010 del 6.3%, la mayor tasa de crecimiento fue de 8.1% en el año 2006 y la menor fue de 3.7% en el año 2001.”²⁰

En la actualidad empresas distribuidoras han tomado mucho protagonismo ajustándose a necesidades futuras de energía y potencia eléctrica. Según el censo efectuado en el 2010 aproximadamente un 93,2% de viviendas en el país disponen de servicio eléctrico, es decir un “equivalente a 3`493.549 de viviendas con electricidad,”²¹ como se muestra en la figura 2.1 a continuación. [25], [32]

Viviendas en el país que dispones de Energía eléctrica (censo 2010)



Figura 2.1 Viviendas en el país que dispones de energía eléctrica-censo 2010

Fuente: [32] http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculos_provinciales/pichincha.pdf

¹⁹ CONELEC, «Regulacion 004-11» Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales pp. 6

²⁰ «Concejo Nacional de Electricidad,» Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador, 2011. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/index.php?l=1>. [Último acceso: 12 Enero 2013].

²¹ INEC, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» Gobierno nacional de la Republica del Ecuador, 2011. [En línea]. Available: <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>. [Último acceso: 16 Diciembre 2012].

Gracias al estudio del Consejo Nacional de Electricidad y al Plan maestro de Electrificación 2009-2020 se refleja que el sector eléctrico ecuatoriano las horas de menor demanda se dan en la madrugada, y de mayor demanda alcanza un pico entre las 19h00 y 20h00. [33]

“A continuación se indican las curvas de carga del Sistema Nacional Interconectado para un día laborable (promedio de los días lunes y viernes) para uno semi laborable (sábado) y para un día festivo (domingo)”²². La potencia se expresa en por unidad (p.u.), como se muestra en la figura 2.2 a continuación.

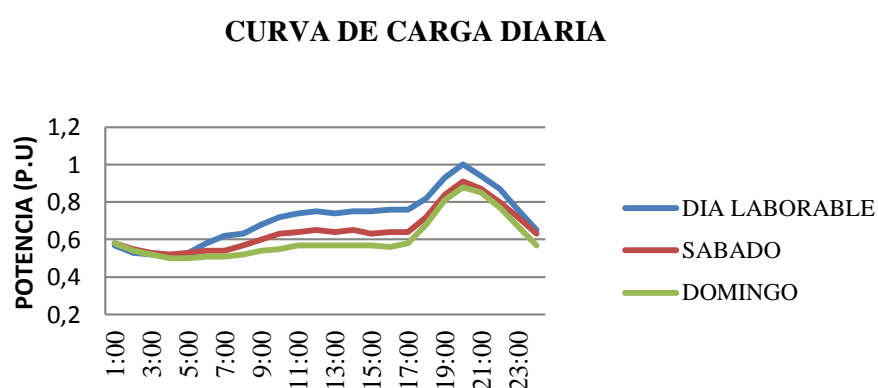


Figura 2.2 Curvas de cargas días; laborables, semi laborables, feriados
Fuente: [33]<http://www.conelec.gob.ec/>

2.1.9.1 Tipos de demanda de energía eléctrica

La demanda de energía eléctrica depende del tipo de consumidor (residencial, comercial, industrial, y alumbrado público), en la última década el consumo de energía ha ido incrementándose en el sector industrial y comercial, como se muestra en la figura 2.3 a continuación.

²²«Concejo Nacional de Electricidad,» Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador, 2011. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/index.php?l=1>. [Último acceso: 03 Enero 2013].

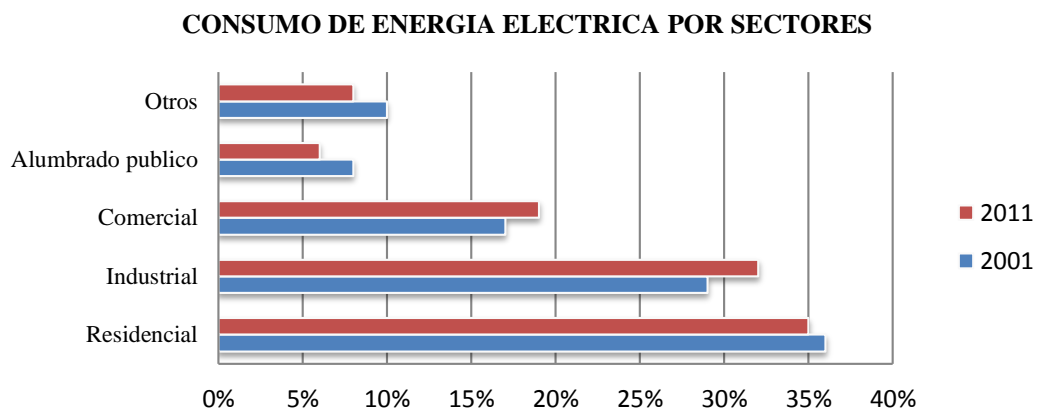


Figura 2.3 Consumo de energía eléctrica por sector

Fuente: [25] <http://www.conelec.gob.ec/>

Se puede visualizar en la figura 2.3 que el sector industrial ha experimentado un incremento del 1.95% en el consumo de energía, el sector comercial un 2%, y un decremento en el sector residencial del 0.55%. [25]

2.1.9.2 Evolución en el consumo de energía eléctrica

Se puede observar el incremento en el consumo de energía eléctrica por sectores en la siguiente tabla 2.8 y figura 2.4 a continuación:

SECTORES DE CONSUMO (GWh)					
Año	Residencial	Industrial	Comercial	Alumb. publico	Total
2001	2897	2399	1412	1421	8129
2011	5288	4741	2921	2120	15070
Crecimiento anual	6,20%	7,10%	7,50%	4,1%	6,40%

Tabla 2.8 Evolución en el consumo de energía eléctrica

Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

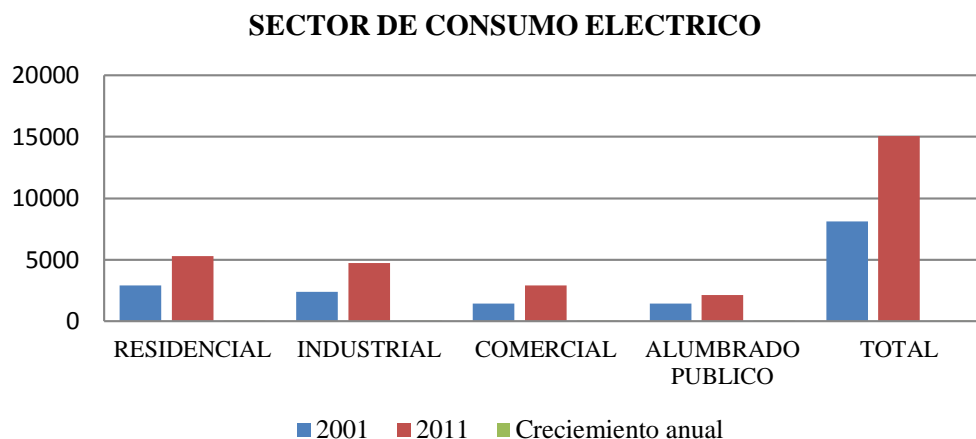


Figura 2.4 Evolución en el consumo de energía eléctrica
Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

2.2 Determinación de la demanda tipo residencial

2.2.1 Demanda tipo residencial

Para la determinación de la demanda tipo residencial en el Distrito Metropolitano de Quito, existen diversos factores que intervienen, que son muy importantes para su diseño y determinación, tales como; división de uso de suelo, características de las obras civiles, de infraestructura previstas para el proyecto, áreas (útiles y de maniobra), características específicas de las edificaciones a construir, etc. [28]

Estos parámetros ayudaran y establecerán un resultado de análisis fundamentado, de los valores de la demanda unitaria a considerar para la realización del diseño, con el fin de determinar el valor de la demanda máxima unitaria correspondiente al consumo de cliente residencial. Los abonados para el año 2009 gracias a la Norma vigente de la Empresa Eléctrica Quito, como se muestra en la tabla 2.9 a continuación, están divididos en dos áreas las rurales y urbanas:

AÑO	2009
Abonados en el Área Urbana	547944
Abonados en el Área Rural	232129
Total de Abonados	780073

Tabla 2.9 Abonados Empresa Eléctrica Quito
Fuente: [28]E. E. Q. S.A., «Normas para la distribucion "Parte A",» Quito, 2011

2.2.2 Clasificación de consumidores residenciales.

Para tener una distribución en el Distrito Metropolitano de Quito de uso de suelo existen algunas características de construcción para edificaciones que están determinadas por zonas de uso exclusivo de uso residencial, el Municipio y la Empresa Eléctrica toma en consideración, las vigencias estipuladas en el contenido de Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) que se encuentra actualizada hasta el mes de Agosto del 2006.

En el siguiente mandato se establece de manera clara que *“Las zonas de uso residencial (R) son aquellas destinadas a viviendas en forma exclusiva o combinada con otros usos del suelo. Para efectos de regular la combinación de usos.”²³*

En las normas de la Empresa Eléctrica Quito se permite realizar un cuadro con la división de las categorías de uso residencial, como se muestra en la tabla 2.10 a continuación, concretando:

- Residencial 1 (R1)
- Residencial 2 (R2)
- Residencial 3 (R3)
- Las zonas de uso múltiple (M) como las áreas de centralidad en las que pueden coexistir residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados. [28]

USO	SIMB.	TIPOLOGÍA	SIMB	Actividades/Establecimientos
Residencial	R	Residencial	R1	Viviendas con otros usos de barrio.
		Residencial	R2	Viviendas con usos sectoriales predominantes.
		Residencial	R3	Viviendas con usos zonales condicionados.
Múltiple	M	Múltiple	M1	Usos diversos de carácter zonal y de ciudad compatibles.

Tabla 2.10 Categorías de uso de suelo

Fuente: [28]E. E. Q. S.A., «Normas para la distribución "Parte A",» Quito, 2011

²³Normas para de Distribución, Guía de diseño Empresa Eléctrica Quito S.A. parte "a" pág. 39

2.2.3 Clasificación de los consumidores por estratos

Los clientes residenciales de energía eléctrica del Distrito Metropolitano de Quito están clasificados bajo la concesión de la E.E.Q. por cinco estratos de consumo dependiendo de kWh/mes/cliente, como se muestra en la siguiente tabla 2.11, para efectos de determinar máximas coincidentes.

CATEGORIA DE ESTRATO DE CONSUMO	ESCALAS DE CONSUMO (kWh/mes/cliente)
E	0 - 100
D	101 - 150
C	151 - 250
B	251 - 350
A	351 - 500

Tabla 2.11 Clasificación de consumidores por estratos

Fuente: [28]E. E. Q. S.A., «Normas para la distribución "Parte A",» Quito, 2011

Para definir con claridad el tipo de proyecto o estrato de consumo, es importante la ubicación del proyecto, el cual debe ser georeferenciado y localizado si el proyecto se encuentra dentro de un área rural o urbana para su clasificación. “*Dentro de su delimitación del proyecto podemos realizar un modelo de clasificación según la Empresa Eléctrica Quito para establecer una distribución de las cargas establecida por la Westinghouse Electric Corporation.*”²⁴ Se basa principalmente de seis modelos de clasificación que son los que se muestran en la siguiente tabla 2.12 a continuación.

²⁴T. W. E. U. Engineers, Electric Utility Engineering Reference Book: Distribution systems, vol. Volumen 3 , Pensilvania: The Corporation, 1965, 2011.

CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS	
Forma de clasificación	Clasificación
Ambiente o localización geográfica	Centro urbano, Urbano, Suburbano, y rural
Tipo de establecimiento de consumidores	Domestica(residencial), Comercial solo por el tipo de servicio, e Industrial (manufactura)
Dependencia sobre el servicio eléctrico	Crítica, Emergencia, y Normal
Efectos de otras carga y sistemas de diseño y operación	Cíclica o no cíclica, y normal
Tarifa de servicio eléctrico por zonas	Residencial, iluminación comercial, Potencia comercial, e industrial.
Consideraciones especiales	Automatización y otros procesos críticos en donde una interrupción de servicio seria costosa, y Cargas sensibles al voltaie.

Tabla 2.12 *Clasificación de las cargas*

Fuente: [28]E. E. Q. S.A., «Normas para la distribucion "Parte A",» Quito, 2011

2.3 Determinación de la demanda tipo comercial e industrial

Para la estimación de la demanda eléctrica en usuarios comerciales o industriales es recomendable utilizar factores como división y uso del suelo, características de las obras de infraestructura previstas, área y características de los edificios a construir, tipo de maquinaria, etc., establecerá como resultado de un análisis fundamentado, los valores de la demanda unitaria a considerar en el diseño.

La finalidad es calcular el valor de la demanda máxima unitaria que corresponde al consumidor comercial o industrial, el planificador desarrolla un método para determinar la demanda con referencia al formato tipo que se muestra de ejemplo en el Anexo E. En la planilla de demanda, para determinar la carga instalada del consumidor comercial o industrial se debe establecer un listado con todos los artefactos o equipos utilizados por el consumidor, detallados en columnas con su descripción, cantidad y potencia nominal expresada en vatios. [28]

$$C I = P_n \times \text{Cantidad} \quad (2.2)$$

Donde:

“CI = Carga Instalada

$P_n = \text{Potencia nominal}$ ”²⁵

Para cada una de las cargas es importante determinar el FFUn expresado en porcentaje, considerando el número de usuarios que disponen de los equipos y dependiendo de su desempeño se lo ubicara en una escala superior o inferior. [28]

El valor de la Carga Instalada por consumidor Representativo se lo calcula de la siguiente manera:

$$CIR = C I \times FFUn \times 0,01 \quad (2.3)$$

Donde:

“CIR = Carga Instalada por consumidor Representativo

FFUn = Factor de frecuencia de uso

*El Factor de Simultaneidad, expresado en porcentaje será establecido por el proyectista para cada una de las cargas instaladas, en función de la forma de utilización de aparatos, artefactos, equipos, maquinarias, etc. para una aplicación determinada.”*²⁶

La Demanda Máxima Unitaria definida como el valor máximo de potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es requerida de la red por el consumidor comercial o industrial individual. [28]

Se la determina con la siguiente fórmula:

$$DMU = CIR \times FS_n \times 0,01 \quad (2.4)$$

Se realiza la conversión de vatios a kilovatios del valor total de la Demanda Máxima Unitaria, y mediante la reducción correspondiente es expresada en kilovoltamperios (kVA), dato que me permite saber cuánta potencia necesita la instalación para ser abastecida.

*“El factor de potencia que generalmente se utiliza en instalaciones comerciales e industriales es 0,85.”*²⁷

2.3.1 Determinación de la demanda de diseño

El valor de la demanda a considerar para el dimensionamiento de la red en un punto dado, debe ser calculado de la siguiente expresión:

²⁵ E.E.Q.S.A., Normas para sistemas de distribución-PARTE A-Guía para diseño, pp., 48

²⁶ E.E.Q.S.A., Normas para sistemas de distribución-PARTE A-Guía para diseño, pp., 48

²⁷ E.E.Q.S.A., Normas para sistemas de distribución-PARTE A-Guía para diseño, pp., 49

$$DD = \frac{DMU \times N}{FD} \quad (2.5)$$

Dónde:

“DD = Demanda de Diseño.

DMU = Demanda Máxima Unitaria.

N = Número de abonados.

FD = Factor de diversidad que es dependiente de N.

*El Factor de Diversidad para usuarios comerciales se encuentra en la tabla 2.13, el factor de demanda FMD para el usuario tipo comercial representativo debe ser máximo 0,6. Generalmente para los usuarios industriales la Demanda de Diseño es la misma DMU, ya que N y FD es 1.”*²⁸ como se muestra en la siguiente tabla 2.13 a continuación con el número de usuarios y su factor de diversidad.

²⁸ E.E.Q.S.A., Normas para sistemas de distribución-PARTE A-Guía para diseño, pp., 51


 EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION GUIA PARA DISEÑO	PARTE A	REVISION : 04																																																																																																								
ISO 9001 - 2000	CÓDIGO : DD.DID.722.IN.03	FECHA : 2009-03-31																																																																																																									
APENDICE A-11-D1 HOJA 1 DE 1	PARAMETROS DE DISEÑO																																																																																																										
	FACTORES DE DIVERSIDAD PARA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS MÁXIMAS DIVERSIFICADAS DE USUARIOS COMERCIALES																																																																																																										
<table><tr><td>NÚMERO DE USUARIOS</td><td>FACTOR DE DIVERSIDAD</td><td>NÚMERO DE USUARIOS</td><td>FACTOR DE DIVERSIDAD</td></tr><tr><td>1</td><td>1,00</td><td>26</td><td>3,00</td></tr><tr><td>2</td><td>1,50</td><td>27</td><td>3,01</td></tr><tr><td>3</td><td>1,78</td><td>28</td><td>3,02</td></tr><tr><td>4</td><td>2,01</td><td>29</td><td>3,03</td></tr><tr><td>5</td><td>2,19</td><td>30</td><td>3,04</td></tr><tr><td>6</td><td>2,32</td><td>31</td><td>3,04</td></tr><tr><td>7</td><td>2,44</td><td>32</td><td>3,05</td></tr><tr><td>8</td><td>2,54</td><td>33</td><td>3,05</td></tr><tr><td>9</td><td>2,61</td><td>34</td><td>3,06</td></tr><tr><td>10</td><td>2,66</td><td>35</td><td>3,06</td></tr><tr><td>11</td><td>2,71</td><td>36</td><td>3,07</td></tr><tr><td>12</td><td>2,75</td><td>37</td><td>3,07</td></tr><tr><td>13</td><td>2,79</td><td>38</td><td>3,08</td></tr><tr><td>14</td><td>2,83</td><td>39</td><td>3,08</td></tr><tr><td>15</td><td>2,86</td><td>40</td><td>3,09</td></tr><tr><td>16</td><td>2,88</td><td>41</td><td>3,09</td></tr><tr><td>17</td><td>2,9</td><td>42</td><td>3,10</td></tr><tr><td>18</td><td>2,92</td><td>43</td><td>3,10</td></tr><tr><td>19</td><td>2,93</td><td>44</td><td>3,10</td></tr><tr><td>20</td><td>2,94</td><td>45</td><td>3,10</td></tr><tr><td>21</td><td>2,95</td><td>46</td><td>3,10</td></tr><tr><td>22</td><td>2,96</td><td>47</td><td>3,10</td></tr><tr><td>23</td><td>2,97</td><td>48</td><td>3,10</td></tr><tr><td>24</td><td>2,98</td><td>49</td><td>3,10</td></tr><tr><td>25</td><td>2,99</td><td>50</td><td>3,10</td></tr></table>				NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD	NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD	1	1,00	26	3,00	2	1,50	27	3,01	3	1,78	28	3,02	4	2,01	29	3,03	5	2,19	30	3,04	6	2,32	31	3,04	7	2,44	32	3,05	8	2,54	33	3,05	9	2,61	34	3,06	10	2,66	35	3,06	11	2,71	36	3,07	12	2,75	37	3,07	13	2,79	38	3,08	14	2,83	39	3,08	15	2,86	40	3,09	16	2,88	41	3,09	17	2,9	42	3,10	18	2,92	43	3,10	19	2,93	44	3,10	20	2,94	45	3,10	21	2,95	46	3,10	22	2,96	47	3,10	23	2,97	48	3,10	24	2,98	49	3,10	25	2,99	50	3,10
NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD	NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD																																																																																																								
1	1,00	26	3,00																																																																																																								
2	1,50	27	3,01																																																																																																								
3	1,78	28	3,02																																																																																																								
4	2,01	29	3,03																																																																																																								
5	2,19	30	3,04																																																																																																								
6	2,32	31	3,04																																																																																																								
7	2,44	32	3,05																																																																																																								
8	2,54	33	3,05																																																																																																								
9	2,61	34	3,06																																																																																																								
10	2,66	35	3,06																																																																																																								
11	2,71	36	3,07																																																																																																								
12	2,75	37	3,07																																																																																																								
13	2,79	38	3,08																																																																																																								
14	2,83	39	3,08																																																																																																								
15	2,86	40	3,09																																																																																																								
16	2,88	41	3,09																																																																																																								
17	2,9	42	3,10																																																																																																								
18	2,92	43	3,10																																																																																																								
19	2,93	44	3,10																																																																																																								
20	2,94	45	3,10																																																																																																								
21	2,95	46	3,10																																																																																																								
22	2,96	47	3,10																																																																																																								
23	2,97	48	3,10																																																																																																								
24	2,98	49	3,10																																																																																																								
25	2,99	50	3,10																																																																																																								

Tabla 2.13 Factores de diversidad para determinación de demandas máximas diversificadas de usuarios comerciales

Fuente: [28]E. E. Q. S.A., «Normas para la distribucion "Parte A",» Quito, 2011

2.3.2 Consumo de energía en el sector comercial.

Segmento Social	Estrato kWh/mes	Usuarios abonado	%	Consumo GWh	%	Facturación (millones USD)	%
Muy Grandes	Mayor a 2000	5.413,00	1,4	412	15,4	32,31	15,4
Grandes	1001 - 2000	14.692,00	3,8	500	18,7	39,23	18,7
Medianos	501 - 1000	34.411,00	8,9	599	22,4	46,99	22,4
Pequeños	151 - 500	125.271,00	32,4	882	33,00	69,23	33,00
Muy Pequeños	0 - 150	206.851,00	53,5	281	10,5	22,03	10,5
Total		386.638,00	100	2674	100	209,79	100

Tabla 2.14 Distribución del consumo comercial de energía eléctrica - total nacional 2010

Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

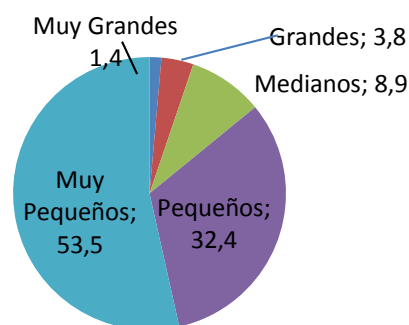


Figura 2.5 Consumo de energía en el sector comercial
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Como se puede visualizar en la tabla 2.14 y figura 2.5 en el sector comercial la mayor parte es consumidores muy pequeños, sin embargo la facturación en este sector no cuenta con privilegios en cuanto a tarifas y consumos.

2.3.3 Consumo de energía en el sector industrial

A este sector se lo ha clasificado en:

- Industriales artesanales
- Industriales con demanda medidos en baja tensión
- Industriales con demanda medidos en media tensión
- Industriales con demanda horaria medidos en media tensión
- Industriales con demanda horaria medidos en alta tensión [25]

Sus porcentajes de aplicación dentro de las industrias por ejemplo textiles se presentan en la siguiente tabla 2.15 y figura 2.6 a continuación con su carga instalada y porcentajes de operación.

Carga Instalada	%
Fuerza motriz	91
Iluminación	3
Oficinas	2
Otros	4
Total	100

Tabla 2.15 Porcentaje de aplicación en la industria textil según la carga instalada
Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

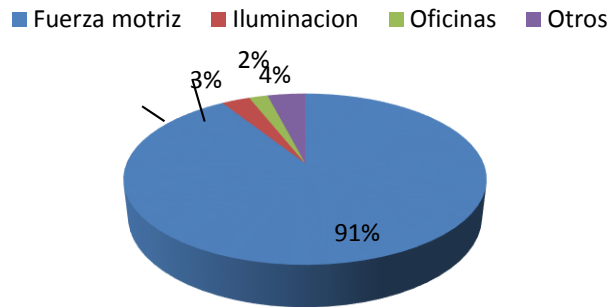


Figura 2.6 Distribución de la carga eléctrica instalada en el sector textil
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

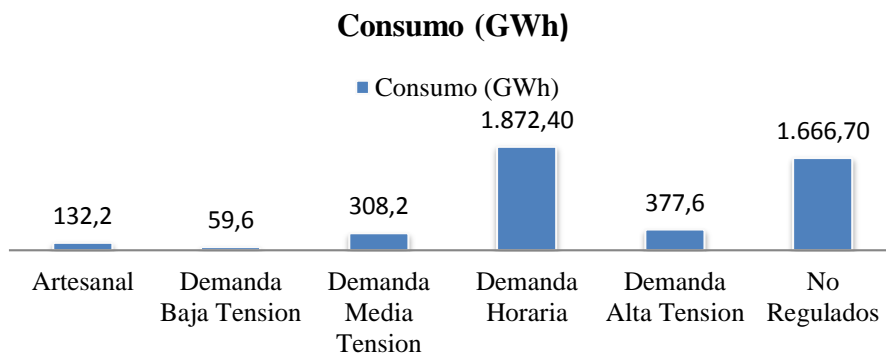


Figura 2.7 Consumo de energía en el sector industria
Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

El mayor consumo lo registran los usuarios industriales con demanda horaria, seguidos de los clientes no regulados, como se visualiza en la figura 2.7 “*debiéndose por lo tanto enfocar allí las medidas de eficiencia energética, tales como la disminución del consumo en horas de mayor demanda.*”²⁹

2.4 Análisis de demandas en el Distrito Metropolitano de Quito.

En los últimos años en el Distrito Metropolitano de Quito se ha tenido un incremento poblacional relevante con un alto porcentaje de personas inmigrantes internas, es decir que provienen de otros, cantones o provincias del país, por esta razón, “*desde el año 2001 se registra un aumento de población de 21,7% hasta el 2010, para el 2001, la ciudad de Quito tenía una población de 1’839.853 habitantes, y para el 2010, Quito tenía alrededor de 2’239.191 habitantes según los resultados del Censo de población y Vivienda 2010.*”³⁰

²⁹ Plan maestro de Electrificación del Ecuador 2012 – 2021, pp. 87

³⁰ INEC, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» Gobierno nacional de la Republica del Ecuador, 2011. [En línea]. Available: <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>. [Último acceso: 16 Diciembre 2012].

Para el análisis de la demanda eléctrica en el Distrito Metropolitano de Quito se lo realizó gracias a los datos recopilados por la Empresa Eléctrica Quito, en tablas estadísticas con los valores reales de los años evaluados e ingresados al sistema mes a mes dividiéndolos en categorías marcadas; Residenciales y Comerciales.

2.4.1 Sector residencial a nivel nacional

El 52% de la energía eléctrica consumida por los usuarios a nivel nacional se divide entre la Empresa Eléctrica de Guayaquil con el 27,71% seguida por la Empresa Eléctrica Quito con el 23,50% la mayor demanda está representada en el sector residencial con un 36%, la Empresa Eléctrica Quito tiene la mayor cantidad de abonados regulados con el 21%, es importante tener un uso consciente de la electricidad y poder conocer la cantidad de energía utilizada en los diferentes equipos y artefactos. [25]

Un estudio realizado por el INECEL en el año 1993 dio a conocer el consumo energético residencial en la región Sierra.

USO DE LA ENERGIA REGION SIERRA

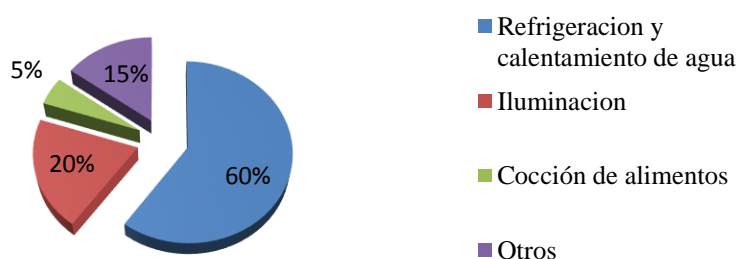


Figura 2.8 Utilización final de la energía eléctrica en la región Sierra
Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

En la tabla 2.16 se puede observar el consumo residencial de energía eléctrica por estratos, la mayoría de clientes se encuentran en la clase media baja (consumos entre 51 y 200 kWh/ mensuales) con un porcentaje del 43,3% seguida de la clase media con el 33%. [25]

CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (TOTAL NACIONAL 2010)							
Segmento social	Estrato kWh/mensual	Usuarios Abonado	Porcentaje (%)	Consumo GWh	Porcentaje (%)	Facturación millones (USD)	Porcentaje (%)
Alta	Mayor a 1000	19.427	0,6	423,54	8,3	39,05	8,3
Media Alta	501 - 1000	63.196	1,8	509,24	10,0	46,95	10,0
Media	201 - 500	483.111	13,9	1.685,65	33,0	155,42	33,0
Media Baja	51 - 200	1.615.158	46,5	2.215,45	43,3	204,26	43,3
Baja	0 - 50	1.289.439	37,2	280,31	5,5	25,84	5,5
Total		3.470.331	100	5114,19	100	471,52	100

Tabla 2.16 Consumo residencial de energía eléctrica - total nacional 2010
Fuente: [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.

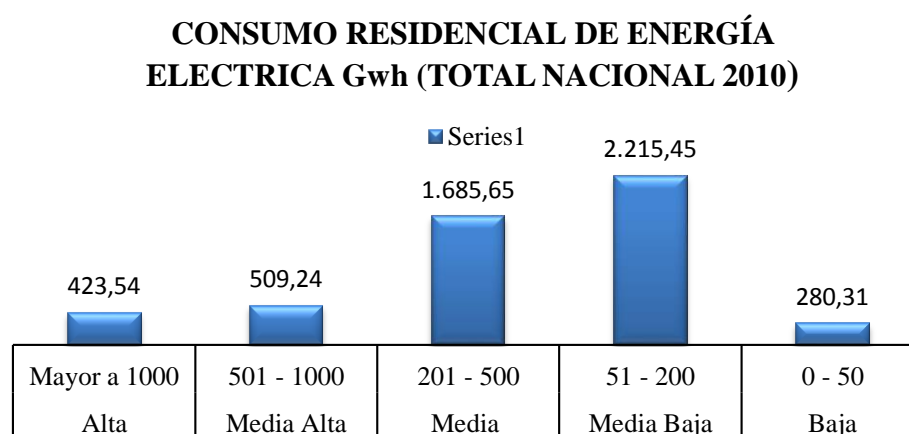


Figura 2.9 Consumo en GWh de energía eléctrica a nivel nacional en el 2010
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Es importante tener un uso eficiente de la energía eléctrica, a razón del incremento de la demanda, el Ecuador ha implementado proyectos interesantes como el cambio de focos incandescentes por ahorradores o también la sustitución de refrigeradoras ineficientes por otras de avanzada tecnología, un mejoramiento en el diseño, lo cual permite tener un ahorro económico y energético beneficioso para el usuario y el desarrollo del país. [25]

2.4.2 Abonados anuales en Distrito Metropolitano de Quito.

El incremento poblacional de los últimos años en la ciudad de Quito, ha sido relativamente más significativo que en otras ciudades del país, por esta razón la empresa distribuidora zonal se ha visto obligada en realizar tablas de carácter

estadístico para encontrar soluciones directas para la electrificación de nuevas áreas urbanas y rurales de la población ya que uno de sus principales misiones es brindar un servicio de confiabilidad y responsabilidad con la ciudadanía.

Al realizar un análisis de incremento de abonados al final del año 2012 entre los meses de enero y diciembre para establecer un porcentaje de aumento o disminución de clientes se obtuvo que los usuarios Residenciales a nivel anual en el Distrito Metropolitano de Quito tengan un incremento de 3,12% de clientes. Para abonados Comerciales entre un 9.8% de incremento anual y con un 2,15% para clientes Industriales, estos cálculos se los realiza gracias a las tablas del departamento de comercialización de la Empresa Eléctrica Quito. [34]

En la siguiente tabla 2.17 se muestra el incremento mensual de clientes para la Empresa Eléctrica Quito divididos en los tipos de servicio, dependiendo de su demanda y entidad a la que se encuentra establecida.

Cientes Tipo de Servicio	ENE	DIC	Promedio	Porcentaje
RESIDENCIAL	757.232	780.878	765.939	3,12%
Comercial sin demanda	108.692	112.144	110.519	3,18%
Comercial con demanda	6.024	13.819	7.756	129,40%
Total comercial	114.716	125.963	118.276	9,80%
Industrial artesanal	11.469	11.693	11.589	1,95%
Industrial con demanda	3.025	3.113	3.067	2,91%
Total industrial	14.494	14.806	14.656	2,15%
Entid. oficial sin demanda	1.423	1.633	1.475	14,76%
Entid. oficial con demanda	725	840	759	15,86%
Asis. social sin demanda	653	651	655	-0,31%
Asis. social con demanda	147	138	142	-6,12%
Benef. Pub. sin demanda	799	813	808	1,75%
Benef. Pub. con demanda	117	119	118	1,71%
Servicio comunitario	0	0	5.083	0
Bombeo de agua	378	500	438	32,28%
Papallacta	0	0	0	0
Otros	549	704	591	28,23%
Total	891.233	927.045	908.939	4,02%

Tabla 2.17 *Tabla estadística de los nuevos abonados para la concesión de la EEQ.*

Fuente: [23]CONELEC, «Resumen Comercialización,» Quito, 2012.

2.4.3 Demanda anual en el Distrito Metropolitano de Quito.

La demanda tiene un aumento o disminución de la energía como se puede observar en la tabla 2.18 se representa los kW/h anual de la Empresa Eléctrica Quito, brindados a los diferentes tipos de servicios, esta tabla nos refleja que se ha logrado un aumento significativo de consumo de energía de cada uno de los tipos de función

Tipo de Servicio	ENE(kWh)	DIC (kWh)	Promedio (kWh)
RESIDENCIAL	113.613.350	113.341.550	109.788.308
Comercial sin demanda	30.058.360	31.299.910	30.110.473
Comercial con demanda	40.432.990	44.335.960	40.222.863
Industrial artesanal	3.363.630	3.457.150	3.388.948
Industrial con demanda	74.756.510	86.732.100	82.080.140
Entid. Oficial sin demanda	608.540	768.620	635.422
Entid. Oficial con demanda	8.888.230	11.396.850	9.529.552
Asis. Social sin demanda	358.690	353.930	349.635
Asis. Social con demanda	1.480.110	1.346.790	1.355.378
Benef. Publico sin demanda	444.990	466.680	429.260
Benef. Publico con demanda	1.045.990	1.125.560	1.051.446
Servicio comunitario	0	0	2.333.096
Bombeo de agua	1.762.720	1.897.460	1.827.026
Papallacta	0	0	0
Otros	430.540	526.700	101.372
Total sin Alumbrado Público	277.244.650	297.049.260	283.202.917
Alumbrado publico	16.591.691	17.063.930	16.303.912
Total	293.836.341	314.113.190	582.709.745

Tabla 2.18 *Tabla estadística de los nuevos abonados para la concesión de la EEQ.*

Fuente: [23]CONELEC, «Resumen Comercialización,» Quito, 2012

Con relación a otras entidades públicas distribuidoras por zonas del país la Empresa Eléctrica Quito se encuentra con la mayor demanda de energía a nivel residencial, al contrario del servicio Comercial e Industrial que se encuentra en segundo lugar, la empresa distribuidora con mayor demanda para este servicio es la Empresa Eléctrica de Guayaquil, como se presenta en la siguiente tabla 2.19 a continuación.

Año	2012	Octubre	
Empresa	Grupo de Consumo	Suma de Energía Facturada (MWh)	Suma de Demanda Facturada MW
E.E. Quito	Residencial	110.294,78	-
	Comercial	72.275,77	170,95
	Industrial	86.235,93	275,50
	A. Público	16.936,75	-
	Otros	17.737,00	58,37
Eléctrica de Guayaquil	Residencial	95.852,02	-
	Comercial	81.586,32	204,02
	Industrial	134.821,67	330,51
	A. Público	9.598,61	26,40
	Otros	26.541,55	91,22

Tabla 2.19 *Tabla estadística del grupo de consumo de empresas eléctricas*

Fuente: [23]CONELEC, «Resumen Comercialización,» Quito, 2012

Las ganancias económicas de energía eléctrica a nivel de la Empresa Eléctrica Quito son muy rentables gracias al número de abonados y servicios que presta dicha entidad a la sociedad, sus ganancias están alrededor de un 5,29% anual solo para ciudad de Quito, como se presenta en la siguiente tabla 2.20 a continuación.

Facturación - USD Tipo de Servicio	ENE	DIC	Total
Residencial	9.769.368	9.716.512	113.541.677
Comercial sin demanda	2.298.582	2.387.998	27.597.505
Comercial con demanda	3.068.376	3.412.930	36.983.984
Industrial artesanal	233.824	240.370	2.828.604
Industrial con demanda	4.983.056	5.667.366	64.589.267
Entid. Oficial sin demanda	47.533	60.262	596.167
Entid. Oficial con demanda	611.074	781.275	7.897.171
Asis. Social sin demanda	23.215	22.888	271.012
Asis. Social con demanda	85.455	77.441	935.432
Benef. Publico sin demanda	29.272	30.889	337.974
Benef. Publico con demanda	63.710	67.546	759.227
Servicio comunitario	0	0	2.233.207
Bombeo de agua	136.812	138.395	1.639.196
Papallacta	0	0	0
Otros	25.568	-609.594	-478.115
Total sin Alumbrado Público	21.375.846	21.994.278	259.732.310
ALUMBRADO PUBLICO	1.355.334	1.939.320	18.120.890
Total	22.731.180	23.933.598	277.853.200

Tabla 2.20 *Tabla estadística del grupo de consumo de empresas eléctricas.*
Fuente: [23]CONELEC, «Resumen Comercialización,» Quito, 2012.

2.4.4 Pliego tarifario de la Empresa Eléctrica Quito.

Según el pliego tarifario de la Empresa Eléctrica Quito vigente de junio del 2012 será aplicado a todos los consumidores cuyas características estén dentro del artículo 17 del Reglamento de tarifas y que no hayan obtenido contratos a plazo con Generadoras o distribuidoras.

Los costos de cargos de consumo se aplicarán a los consumidores dentro de la categoría de la Tarifa Residencial, independientemente del tipo de carga conectada a la red y de uso exclusivo del cliente. Adicionalmente un cargo por factura dentro del concepto de comercialización independiente del consumo de energía que está estipulado por US \$ 1.41414. En la tabla 2.1 se presenta los bloques de consumo kWh y cargos por consumo US\$.

Dentro de la factura de consumo del cliente residencial existen subsidios quiere decir descuentos que se los realiza dentro de los cargos de consumo con la ayuda del bloque de consumo dependiendo de los kWh/mes que se han consumido por cliente,

estos subsidios pueden ser: Cruzado, Solidario, Tarifa Dignidad. Como existen descuentos dentro de la planilla de consumos también hay cargos adicionales aparte de su consumo y facturación como; Alumbrado Público, Cuerpo de bomberos, Tasa de recolección de basura.

- **Subsidio Cruzado:** US\$1.35 del valor de descuento en el valor de la planilla por consumo que se encuentran dentro de 1 y 130 kWh/mes, con un mínimo de pago correspondiente al cargo por Comercialización.
- **Subsidio Solidario:** 10% del valor de la planilla por consumo, a los clientes que consumen desde 161 kWh en adelante.
- **Subsidio Tarifa Dignidad:** Este subsidio es para los abonados que consumen hasta los 110 kWh/mes según el Decreto Ejecutivo # 451-A ellos recibirán un descuento en un valor de tal manera que pagaran como máximo US\$ 0.04 kWh/mes de consumo y un US\$ 0.70 por motivos de comercialización. Para la aplicación, en los procedimientos de cálculo se considerará inicialmente la misma forma como se venía haciendo y luego se aplicará el beneficio del Decreto en referencia.
- **Alumbrado Público:** el 9.0% del valor de la planilla por consumo, sin contar con el subsidio.
- **Cuerpo de Bomberos:** un valor de US\$ 1.59 de contribución.
- **Tasa Recolección de Basura:** 15% del valor de la planilla por consumo sin subsidio, más la tasa adicional definida por la Ordenanza Municipal 3214 reformada. [29]

En la siguiente tabla 2.21 se realiza un ejemplo de cobro de la tarifa residencial del consumo de energía eléctrica mensual de un usuario tipo promedio.

**PRECIO POR CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA
RESIDENCIAL**

VALOR SERVICIO ELECTR. 1	VALOR FACTURABLE	Kwh		Total
	ENERGIA kWh (*)	376,55	\$ 0,09	\$ 33,89

VALOR SERVICIO ELECTRC. 2	COMERCIALIZACION	Tasa fija	\$ 1,41	\$ 1,41
	SUBSIDIO CRUZADO	Tasa fija	\$ 1,35	\$ 1,35
	SERVICIO ALUMBRADO P.	9% del valor Serv. Elect. 1	0,09	\$ 3,05
	IMPUESTO BOMBEROS	Tasa fija	\$ 1,59	\$ 1,59
	TASA RECOLC. BASURA	15% del valor Serv. Elect. 1	0,15	\$ 5,08
				\$ 12,48

TOTAL VALOR A PAGAR \$ 46,37

Tabla 2.21 *Parámetros de facturación energía eléctrica*
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE GENERACION

Resumen

En el siguiente capítulo se realiza el estudio y diseño del sistema de generación de energía eléctrica por medio de módulos solares fotovoltaicos, considerando el estudio de demanda en el Distrito Metropolitano de Quito estudiado en el capítulo anterior se logra desarrollar diseños y análisis de dimensionamiento de los principales equipos que se utilizan para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red. Logrando asimilar de forma general el diagrama de conexiones para la generación de energía solar fotovoltaica y la interconexión del sistema hacia la red de distribución.

La viabilidad de venta de excedentes de generación solar fotovoltaica se realiza analizando las demandas en horas posibles de inyección a la red de distribución, efectuando un sistema de dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de forma explicativa e instructiva para su fácil comprensión.

3.1 Estudio y diseño del sistema de generación de energía renovable solar fotovoltaica.

Para poder realizar el estudio y diseño de un sistema de generación de energía renovable solar fotovoltaica es primordial, se identifique la clase de sistema con el cual se va a trabajar.

- Sistemas conectados a la red de distribución.

“Los sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica de la compañía suministradora no requieren de baterías de almacenamiento en su diseño, debido a que la red de la compañía actúa como respaldo, en lugar de almacenar la reserva que no se emplea durante el día. De esta manera, el propietario de una casa puede vender los excedentes de energía a la compañía eléctrica local a través de un inversor de diseño especial, y cuando los propietarios de casas necesitan más energía de la que puede producir el sistema fotovoltaico, entonces compran a la compañía local.”³¹

³¹Enríquez Gilberto Harper, Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas, Limusa, México, 2010, pp. 419

El presente estudio se concentra en la venta de excedentes de energía solar fotovoltaica generada mediante paneles solares con interconexión a la empresa distribuidora local en horas de demanda eléctrica conveniente.

3.1.1 Disposiciones generales del sistema de generación

Tomando como referencia la alta disponibilidad y viabilidad de sistemas generadores de producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas a través recursos o fuentes de energías renovables en España, se realizan estudios y observaciones para la implantación de nuevas tecnologías generadoras de energía solar fotovoltaica dentro de nuestro país desarrollando comparaciones con el Real Decreto 1663/2000 que estipula y desarrolla la Ley en este aspecto, estableciendo un nuevo marco de funcionamiento para este tipo de fuentes energéticas, entre las que se encuentra la energía solar fotovoltaica.

En este Decreto se agrupan diferentes aspectos técnicos de producción de energía eléctrica y régimen económicos como guía de instructivo y condiciones al usuario para una interconexión con la red de baja tensión.

“En relación con el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas, se establece en el artículo 20.1 que las instalaciones que únicamente utilicen como energía primaria, energía solar, tendrán normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas específicas respecto de las restantes instalaciones de régimen especial, respetando, en todo caso, los criterios generales que allí se recogen.”³²

Las principales determinaciones del Real Decreto 1663/2000 establecen tres divisiones de procesos con respecto a la generación de energía eléctrica por medio de recursos renovables, es decir para sistemas solares fotovoltaicos, sus características se expresan de la siguiente manera.

- Ámbito de aplicación y definiciones.
- Conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Condiciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en baja tensión. [35]

³²Real Decreto 1663 / 2000 conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

3.1.2 Ámbito de aplicación y definiciones

Para realizar el siguiente análisis y las referencias de estudio con respecto a los niveles de generación se ha tomado los artículos de orden energético para la resolución del Real Decreto 1663/2000. Mediante la propuesta del Ministerio de Economía de España, conjuntamente con el Consejo de Estado y una previa deliberación del Consejo de Ministros de dicho país, se celebra una reunión el día 9 de septiembre del 2000 en la cual se estipula y dispone los siguientes artículos para el Capítulo I, como referencia de aplicaciones y definiciones de los términos de generación solar fotovoltaica.

En el artículo 1, se estipula un nivel referencial de generación para las instalaciones fotovoltaicas. *“Su potencia nominal no superior a 100 kVA y cuya conexión a la red de distribución se efectúe en baja tensión. A estos efectos, se entenderá por conexión en baja tensión aquella que se efectúe en una tensión no superior a 1 kV.”*³³

Estos parámetros de conexión son realizados bajo supervisión de la empresa distribuidora local para sus rangos de operación y aplicaciones directas con el consumidor. [35]

Para el artículo 2 se proporciona información de las definiciones y condiciones de operación para instalaciones fotovoltaicas dentro de su rango de aplicación. Según el artículo una instalación fotovoltaica es aquella que dispone de módulos solares fotovoltaicos con un sistema de transformación directo es decir radiación solar en energía eléctrica, sin ningún arreglo de paso intermedio.

Se denominará una instalación fotovoltaica conectada a la red, aquella que trabaje su generación en paralelo con la red de la empresa distribuidora, asimilando cuatro características o tipos de sistemas interconectados.

- **Línea, punto de conexión y medida.-** es la interconexión del sistema de generación solar fotovoltaico con un punto de la red de la empresa distribuidora.

³³ Real Decreto 1663 / 2000 conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. España

- **Interruptor automático de la interconexión.-** es un elemento automático de suspensión directa de energía sobre el cual actúan las protecciones del sistema de interconexión.
 - **Interruptor general.-** equipo de seguridad que permite manejar la desconexión de la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora por sistemas de emergencia o mantenimiento.
 - **Potencia nominal.-** la potencia de los inversores sumados que intervienen en red trifásica de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.
- [35]

3.1.3 Conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

En el Artículo 3 se estipulan los requerimientos que el titular de la instalación debe solicitar a la empresa distribuidora en cuanto al punto y restricciones técnicas de conexión de la instalación, dependiendo de la potencia instalada. La solicitud debe cumplir con los siguientes requisitos:

- *“Nombre, dirección, teléfono u otro medio de contacto*
- *Emplazamiento de la instalación*
- *Diagramas unifilares de la instalación*
- *Punto propuesto para realizar la conexión*
- *Características técnicas de la instalación, en la cual incluirán la potencia pico del arreglo fotovoltaico, y la potencia nominal de la instalación, detalles de conexión, características y descripción del inversor, especificación de los equipos de protección y dispositivos de conexión anticipados.”*³⁴

Si fuese indispensable agregar alguna documentación a lo estipulado anteriormente, se lo deberá realizar con la anticipación debida en este caso diez días a partir de la presentación de la solicitud, argumentando la causa de tal requerimiento.

[35]

Al término de un mes del envío de la solicitud, según el Artículo 4 la Empresa distribuidora informará al interesado acerca de su licitación referente a las condiciones de conexión, con al menos los siguientes puntos:

- Punto de conexión y medida planteado

³⁴ Real Decreto 1663 / 2000 conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. España

- Voltaje nominal máx. y min de la red en el punto de conexión.
- Potencia de cortocircuito esperada en explotación normal en el punto de conexión.
- Potencia nominal máxima disponible en el punto de conexión, en relación con la capacidad de transporte de la línea.
- Si el punto de conexión y medida para la entrega de energía por parte del productor es diferente al de recepción, debe ser correctamente informado. [35]

En el Artículo 4 se habla sobre la potencia máxima disponible de conexión y la potencia de la instalación solar fotovoltaica, en el cual la empresa distribuidora establecerá los dispositivos a modificar en la red para igualar dichas potencias. El plazo de vigencia por parte de la empresa distribuidora acerca del punto y condiciones de conexión será de un año, a partir de la notificación al titular de la instalación.

El Artículo 5 trata acerca del contrato registrado por parte del titular de la instalación y la empresa distribuidora, en caso de discrepancia acerca del contrato que se vaya a realizar será solucionada por la Administración competente en el plazo de un mes. [35] Una vez realizadas las conexiones de instalación y emitido el boletín por el instalador autorizado, según el Artículo 6, se realizarán prueba de verificación, una vez realizado todo lo mencionado en este artículo el titular de la instalación podrá solicitar a la empresa distribuidora la conexión a la red eléctrica, por lo que es necesario que presente el boletín, a partir de un mes de solicitar la conexión a la red sin existir objeciones por la empresa distribuidora el titular de la instalación podrá efectuar la conexión con la red de distribución. [35]

El Artículo 7 comenta acerca de las obligaciones del titular de la instalación, de tener en perfectas condiciones de funcionamiento los equipos de interconexión y protección, las empresas distribuidoras pueden sugerir esquemas de fiscalización a la Administración competente, con el objetivo de verificar el funcionamiento de los equipos.

En el caso de existir anomalías en la red, la empresa distribuidora podrá realizar la verificación de la instalación sin necesidad de una autorización, si la instalación fotovoltaica altera el funcionamiento de la red de distribución, incumpliendo los límites de servicio declarados en la normativa actual la empresa distribuidora informará a la Administración competente y al titular de la instalación con el objetivo

que éste corrija las deficiencias en un tiempo establecido, caso contrario al finalizar este intervalo de tiempo la empresa distribuidora procederá a desconectar la instalación. [35]

3.1.4 Condiciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en baja tensión.

Las condiciones técnicas de carácter técnico del Artículo 8 estipulan que el funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, ni alteraciones superiores admitidas en la normativa de la empresa distribuidora, no se podrá dar origen a condiciones de peligro para el personal de mantenimiento y clientes de este sistema en general.

Los sistemas de desconexión en las instalaciones fotovoltaicas deberán trabajar en conjunto con las de la red, en el caso de que la línea de distribución se quede desconectada por mantenimiento o por haber actuado una protección, el sistema no deberá mantener tensión en la línea de distribución y aislarse de la instalación fotovoltaica.

Para establecer un punto de conexión a la red de distribución se realizara las inspecciones necesarias para satisfacer las determinaciones de la red tales como; capacidad de transporte de línea, potencia instalada en el transformador.

En el caso de que exista cualquier eventualidad y la red de distribución se vea afectada por perturbaciones dadas por la instalación fotovoltaica, se aplicará la normativa vigente sobre calidad del servicio para garantizar la confiabilidad del sistema al usuario. [35]

El Artículo 9 expresa las condiciones de conexión con la red de distribución si se considera superior los 5 kW, la conexión se la denominara de carácter trifásico para su operación, para dicha conexión no existe restricción *“mediante uno o más inversores monofásicos de hasta 5 kW, a las diferentes fases, o directamente un inversor trifásico. En la conexión de una instalación fotovoltaica, la variación de tensión provocada por la conexión y desconexión de la instalación fotovoltaica no podrá ser superior al 5 por 100 y no deberá provocar, en ningún usuario de los*

*conectados a la red, la superación de los límites indicados en el Reglamento electrotécnico para baja tensión.”*³⁵

Los Artículos 10,11 expresan la forma de medición y facturación con respecto a los excedentes de energía solar fotovoltaica vendidos a la empresa distribuidora, logrando la viabilidad del proceso mediante protecciones en el sistema que brindan confiabilidad y seguridad. [35]

3.1.5 Diseño del sistema

Para lograr un óptimo dimensionamiento del sistema se debe tomar en cuenta algunos parámetros que son importantes dentro del diseño:

- Valorar datos de radiación.
- Evaluación del voltaje del sistema.
- Clasificar configuración del sistema.
- Calculo de orientación e inclinación de módulos.
- Requisitos del arreglo.
- Selección y dimensionamiento de inversores, sistema de medición, interconexión a la red.
- Evaluar el sistema eléctrico de salida. [3], [2]

Para realizar el estudio y verificación de su funcionamiento el sistema se basa en la transformación de la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, en corriente alterna con una misma calidad, eficiencia y confiabilidad de tensión, frecuencia, continuidad, etc. Que es la que circula de manera normal en la red comercial eléctrica.

3.1.6 Análisis de radiación solar

Existen tablas con datos de radiación solar sobre una superficie horizontal (R_o) para distintos lugares, expresada en kWh/m^2 , en el Distrito Metropolitano de Quito el nivel de radiación es $4,68\text{kWh/m}^2$ para el Quito Centro y $4,99\text{kWh/m}^2$ para el Quito Norte. El Distrito Metropolitano de Quito geográficamente se encuentra en la latitud $00^\circ 13'$ para la parte Norte y $00^\circ 22'$ para la parte Centro de la ciudad, cuya longitud es $78^\circ 48'$ O. [36] Para analizar la energía que generará un panel solar fotovoltaico es

³⁵Real Decreto 1663 / 2000 conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. España

indispensable conocer “*el número de horas de pico solar con una Irradiación de 1000 W/m² que es equivalente a la radiación total diaria.*”³⁶ Para determinar el valor de horas pico solar, se debe utilizar las tablas de datos de Heliofanía obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), como se visualiza en la tabla 3.1 [37]

Mes	Heliofanía (horas)	Días/Mes	Horas Sol Pico
Enero	134,6	31	4,34
Febrero	102,4	28	3,66
Marzo	88,9	31	2,87
Abril	126,1	30	4,20
Mayo	129,4	31	4,17
Junio	177,9	30	5,93
Julio	168,6	31	5,44
Agosto	157	31	5,06
Septiembre	164,2	30	5,47
Octubre	147	31	4,74
Noviembre	129,5	30	4,32
Diciembre	150,8	31	4,86
Promedio			4,60

Tabla 3.1 Promedio de heliofanía y horas de sol pico mensuales

Fuente: [37] I. N. d. M. e. Hidrología, «Promedio de horas de Heliofanía,» Quito

Para el cálculo de radiación sobre una superficie inclinada, con distintos valores de inclinación y elevación, se recomienda utilizar tablas con datos concretos para encontrar el valor medio mensual de radiación diaria sobre el panel fotovoltaico mediante la siguiente ecuación:

$$R\alpha = R_o * K\alpha \quad (3.1)$$

Donde:

Rα: Valor medio mensual de radiación diaria sobre el panel fotovoltaico.

R_o: Valor medio mensual de Irradiación diaria sobre la superficie horizontal en kWh/m²– día.

α: Angulo de inclinación del módulo fotovoltaico con respecto a la superficie horizontal. K es un dato a dimensional de corrección, cuyo valor depende de la latitud del lugar.”³⁷

³⁶ Enríquez Gilberto, Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas, Limusa, México, 2010, pp. 377

³⁷ Gilberto Enríquez Harper, Instalaciones eléctricas domesticas convencionales y solares fotovoltaicas, México, Limusa, 2010, pp. 378

3.1.7 Cálculo de voltaje del sistema

El voltaje nominal del sistema, es el nivel en que trabajan las cargas que van a ser alimentadas por el sistema fotovoltaico, para este caso todos los elementos o artefactos eléctricos a conectarse funcionan con 110 voltios AC, y una frecuencia de trabajo de 60 Hz, la cual será entregada por un inversor, que es parte de los elementos primordiales del diseño e implementación del sistema

3.1.8 Configuración del sistema

Examinar el tipo de instalación y la aplicación se definirá la configuración del sistema fotovoltaico, en este estudio la configuración utilizada es la que cuenta con conexión a la red eléctrica, integrada por paneles fotovoltaicos, el inversor, protecciones y contadores de energía como se muestra en el esquema de la figura 3.1 de generación solar fotovoltaico con conexión a la red eléctrica.

El inversor tendrá que adaptar las características de la energía generada por los módulos fotovoltaicos (corriente continua), a la que suministrará a la red pública, (corriente alterna) que se encuentra sincronizada con la red. Las protecciones asistirán al sistema fotovoltaico y a la red eléctrica, suspendiendo ó restableciendo el suministro cuando exista un riesgo en la continuidad del abastecimiento por parte de la empresa distribuidora o de la instalación fotovoltaica.

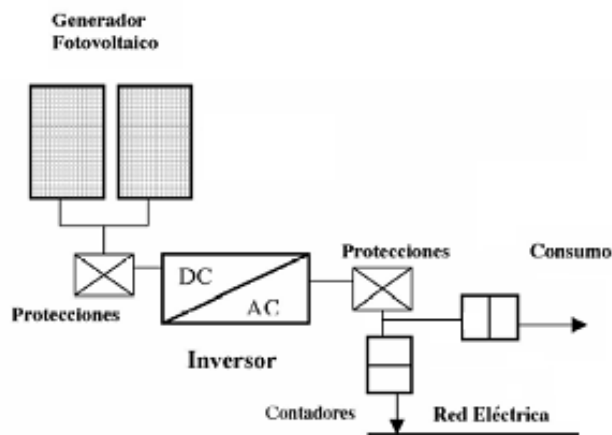


Figura 3.1 Instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

Fuente: [2] *Energía solar fotovoltaica*

3.1.9 Integración del sistema fotovoltaico

Frecuentemente, la instalación de los módulos fotovoltaicos se las realiza en la cubierta de la edificación, aprovechando la inclinación de la misma, logrando situarse

en espacios libres de sombras, que pudieran producir durante el día árboles, antenas, edificaciones colindantes, etc.

*“El ángulo de inclinación idóneo para una instalación de conexión a red es aquél tal que la producción de todo el año resulta ser la más alta, ya que se trata de suministrar el máximo de energía independientemente de la época del año. Hoy en día, se trata de fabricar los propios módulos fotovoltaicos preparados para su uso en la construcción, como elementos para panel solar cubiertas y fachadas y con una estética diseñada para este tipo de instalaciones.”*³⁸

3.1.10 Cálculo de orientación e inclinación de módulos en el Distrito Metropolitano de Quito

Se debe tomar en consideración que el ángulo de inclinación y orientación en el campo generador fotovoltaico puede afectar la radiación y la energía de salida por estos motivos se realiza la mejor adecuación de sistema dentro de los parámetros de factibilidad para la generación de energía solar fotovoltaica.

- **Orientación**

Con la finalidad de coleccionar la cantidad óptima de energía, el panel deberá estar orientado lo mejor posible hacia el sol, por encima de la línea Ecuatorial es decir en el hemisferio Norte, el panel debe tener vista hacia el Sur y viceversa. [1]

Para sitios que se localizan sobre la línea Ecuatorial este ángulo es despreciable, el Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en la latitud geográfica 00°13', la desviación es mínima.

- **Inclinación**

Los paneles fotovoltaicos alcanzan su máxima eficiencia cuando están en dirección perpendicular al sol, dependiendo de la estación climática va a variar el ángulo de inclinación, los paneles no siempre van a formar un ángulo de 90° con respecto al sol. Existe un ángulo de inclinación perfecto para cada latitud, a continuación la tabla 3.2 indica los valores de inclinación dependiendo de la latitud geográfica.

³⁸ Instalaciones de energías renovables instalaciones fotovoltaicas, Documento, , pp.; 5, http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia_Fotovoltaica_Final.doc

Latitud del sitio	Angulo de inclinación óptimo
0 - 5°	10°
15 - 25°	Latitud
25 - 30°	Latitud + 5°
30 - 35°	Latitud + 10°
35 - 40°	Latitud + 15°
mayor a 40°	Latitud + 20°

Tabla 3.2 Ángulo del panel fotovoltaico dependiendo de la latitud del sitio

Fuente: [38] <http://antusol.webcindario.com/instalacion.html>

La inclinación que se ajusta para el Distrito Metropolitano de Quito es de 10° durante todo el año.

3.1.11 Distancia entre módulos

La distancia d medida entre módulos sobre la superficie horizontal, tiene por objetivo conocer si existe obstáculos de altura h que puedan producir sombra sobre la instalación, basado en la figura 3.2 como representación de ubicación y distancia para módulos fotovoltaicos.

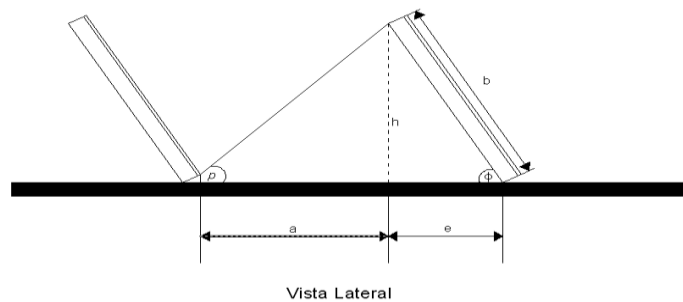


Figura 3.2 Distancia entre módulos solares fotovoltaicos.

Fuente: [2] *Energía solar fotovoltaica*

Donde:

“ b : Longitud del modulo

ϕ : Angulo de inclinación del modulo

ρ : Angulo de sombra respecto a la horizontal.³⁹”

³⁹ M. Á. Sánchez Maza, Energía solar fotovoltaica, México D.F.: LIMUSA, 2011, pp. 172

Para calcular la distancia mínima entre dos filas de paneles fotovoltaicos, se considera la sumatoria de dos longitudes, la primera que incumbe a la del primer módulo (e) y otra que corresponde a la sombra proyectada (a).

$$h = b \times \operatorname{sen} \varphi$$

$$e = b \times \cos \varphi$$

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \rho}$$

$$a = \frac{b \times \operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{tg} \rho}$$

$$\text{distancia mínima} = b \times \cos \varphi + \frac{b \times \operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{tg} \rho}$$

$$\text{distancia mínima} = b \left(\cos \varphi + \frac{\operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{tg} \rho} \right) \quad (3.2)$$

El ángulo ρ se calcula como:

$$\rho = (90 - \operatorname{lat}) - \delta$$

lat: Sitio donde se va a realizar la instalación.

δ : Es la declinación solar, el día más desfavorable a considerar. [39]

3.1.12 Estructura para el sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico debe contar con estructuras de máxima durabilidad de forma que permitan al módulo sujetarse de una manera confiable, la estructura debe adaptarse a las irregularidades del terreno.

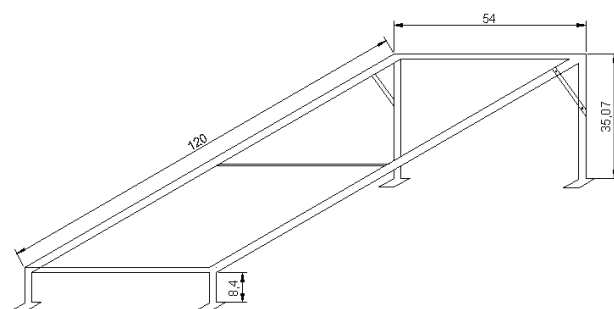
La estructura soporte con los módulos instalados debe resistir las sobrecargas de viento y nieve según lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de la aplicación. *“Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo del módulo.”*⁴⁰

Con la finalidad de optimizar la captación de energía solar el diseño de la estructura deberá estar con el ángulo de orientación e inclinación especificada para el

⁴⁰ Departamento de Energía Solar del IDEA y CENSOLAR, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, Madrid, Julio 2011, pp. 14

generador fotovoltaico, por lo general la estructura es galvanizada a excepción de la sujeción de los módulos que serán de acero inoxidable. [40]

La estructura y los topes de sujeción deberán evitar el sombreado sobre los módulos, se pueden ajustar a superficies planas en terrazas o a su vez integradas sobre tejados, “*si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 garantizando características mecánicas y químicas, y si fuese del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.*”⁴¹ Como se presenta en las siguientes figuras 3.3 y 3.4 a continuación.



Medidas para la fabricación se encuentran en milímetros

Figura 3.3 Estructura de sujeción del módulo fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

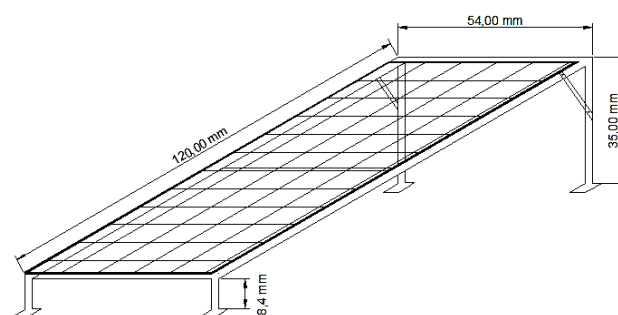


Figura 3.4 Sujeción del módulo fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

⁴¹ Departamento de Energía Solar del IDEA y CENSOLAR, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, Madrid, Julio 2011, pp. 15

3.1.13 Requisitos del arreglo fotovoltaico

La finalidad en el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es maximizar la generación de electricidad solar, radica en definir su capacidad para abastecer la demanda de energía.

Después de haber realizado un análisis y conocer la radiación solar del lugar donde se va a establecer el diseño de la instalación solar fotovoltaica y definir su ángulo de inclinación más idóneo de trabajo para su buen funcionamiento, se continuará el cálculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios para el sistema. Para ello bastará obtener la producción eléctrica de cada módulo en el lugar de ubicación obteniendo sus requerimientos de trabajo en función del sistema conectado a la red de la empresa distribuidora.

Para presentar un proyecto solar fotovoltaico conectado a la red se necesita un tipo de documentación que acredite como respaldo técnico sobre los puntos que deberán constar y cumplir dentro de un proyecto de instalación solar fotovoltaica.

- Sus condiciones generales

Sobre el proyecto se presentara la instrucción específica de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas para que sean puestas en servicio de una forma confiable y segura con la empresa eléctrica local.

- Documentación de las instalaciones

Las instalaciones deben ajustarse dentro de una documentación técnica responsable de sus diseños, cálculos y dimensionamientos del proyecto, la cual será presentada mediante un estudio o memoria técnica específica de diseño.

El proyecto será redactado y firmado por profesionales técnicos titulados capacitados en energía solar fotovoltaica, responsables de la documentación presentada y se ajustará a las disposiciones reglamentarias de las entidades competentes.

Las instalaciones que no notifiquen proyecto, deberán cumplir una memoria técnica de diseño, *“esta será redactada y firmada por el instalador autorizado competente en baja tensión con categoría especialista y modalidad instalaciones*

generadoras de baja tensión o técnico titulado competente, quien será directamente responsable de que la misma se adapte a las disposiciones reglamentadas.”⁴²

La documentación para las instalaciones fotovoltaicas interconectadas tiene especificaciones especiales de contrato para el usuario, tales como; datos generales, instalación, memoria, seguridad, medición y planos. [41]

Datos generales

- Datos identificativos del propietario
- Datos de la empresa instaladora
- Situación de la instalación
- Datos de radiación global y temperatura

Datos de la Instalación

- Módulo fotovoltaico
- Generador fotovoltaico
- Características técnicas de la instalación

Memoria justificativa

- Justificación
- Relación de la normativa afectada

Mediciones y presupuestos

Planos

- Situación y emplazamiento
- Esquema unifilar
- Estructura de soporte
- Distribución en planta de los elementos [41]

3.1.14 Parámetros del módulo fotovoltaico a seleccionar

En el mercado existen diferentes tipos y modelos de módulos fotovoltaicos con distintas características técnicas de trabajo, gracias a las instrucciones técnicas de la consejería de innovación, ciencia y empresa de España se tomara como referencia los

⁴² Consejería de innovación, ciencia y empresa; Disposiciones Generales, Sevilla, 18 de mayo 2007, Boja núm. 98, pp. 10

requerimientos básicos para las instalaciones fotovoltaicas asumiendo los siguientes parámetros:

Datos de la Instalación

Módulo fotovoltaico propuesto, (en condiciones estándar)

- *“Potencia pico*
- *Tensión de circuito abierto*
- *Intensidad de cortocircuito*
- *Tensión e intensidad en el punto de máxima potencia”*⁴³

Se aplican dentro de las especificaciones también; características geométricas del panel, tipo de célula de construcción, *Temperatura de Operación Nominal de la Célula* (TONC), potencia máxima de temperatura, coeficientes de variación de la intensidad de cortocircuito.

Generador fotovoltaico (condiciones estándar)

- *“Potencia pico*
- *Tensión de circuito abierto*
- *Intensidad de cortocircuito*
- *Tensión e intensidad en el punto de máxima potencia*
- *Número total de módulos*
- *Numero de módulos en serie y/o paralelo*
- *Orientación /es Inclinación /es*
- *Sombreado*
- *Tensión máxima y mínima de punto de máxima potencia alcanzable por el generador*
- *Tensión máxima y mínima alcanzable por el generador fotovoltaico en circuito abierto.”* ⁴⁴

Temperatura máxima y mínima del panel fotovoltaico

La temperatura de operación del módulo fotovoltaico se calcula utilizando la siguiente expresión:

⁴³ Consejería de innovación, ciencia y empresa; Disposiciones Generales, Sevilla, 18 de mayo 2007, Boja núm. 98, pp. 11

⁴⁴ Consejería de innovación, ciencia y empresa; Disposiciones Generales, Sevilla, 18 de mayo 2007, Boja núm. 98, pp. 12

$$T_p = T_a + \frac{T_{ONC}-20}{800} \times I \quad (3.3)$$

Donde:

“Ta: Temperatura ambiente máxima y mínima (°C)

TONC: Temperatura normal de operación panel (°C)

I: Irradiación Solar (W/m²)”⁴⁵

Elección del módulo fotovoltaico

Se considera el área de espacio útil en el sitio donde se va a implementar el campo generador fotovoltaico, para esto es importante determinar el tipo de panel con el cual se va a trabajar, conociendo sus características físicas (Longitud y Ancho), se puede definir el número de módulos que pueden ser colocados en el emplazamiento. Para el caso los paneles serán colocados horizontalmente.

$$\begin{aligned} \text{Filas (largo útil)} &= \frac{\text{Longitud del área (m)}}{\text{Longitud del panel (m)}} \\ \text{Ancho útil} &= \frac{\text{Ancho del área (m)}}{\text{Distancia entre módulos fotovoltaicos (m)}} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Determinación del voltaje máximo y mínimo a máxima potencia del módulo fotovoltaico.

El voltaje de operación de un módulo fotovoltaico está relacionado directamente con la temperatura, a menor temperatura mayor rendimiento del panel. Con los datos del fabricante V_{mp} (V), dV_{oc}/dT (% / °C), y la temperatura estándar calcula los voltajes de operación extremos. [42]

Voltaje máximo de máxima potencia:

$$a \text{ " } dV_{map}/dT(V/^{\circ}C) = \frac{(V_{mp} \times dV_{oc}/dT)}{100}$$

$$b \text{ Variacion } T (^{\circ}C) = Temp. Estandar - T_{p.min}$$

$$c \text{ Variación máx. de voltaje de máxima potencia} = a \times b$$

⁴⁵ Departamento de Energía Solar del IDEA y CENSOLAR, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, Madrid, Julio 2011, pp 28

$$\text{Voltaje maximo de maxima potencia} = V_{mp} + c''$$

Voltaje mínimo de máxima potencia:

$$d \text{ Variacion } T (^{\circ}C) = T_p \text{ máx.} - \text{Temp. Estandar.}$$

$$e \text{ Variación máx. de voltaje de máxima potencia} = a \times d$$

$$\text{Voltaje minimo de maxima potencia} = V_{mp} - e \text{ [42]}$$

Arreglo de módulos fotovoltaicos

La conexión de varios paneles fotovoltaicos, formados en una matriz de filas y columnas permite que el arreglo cuente con la potencia pico deseada para la generación, para calcular el número de paneles en serie que constituyen cada rama del generador se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{psmax} = \frac{MPPT \text{ máx. inversor}}{V_{oc} (\text{panel})} \quad (3.5)$$

$$N_{psmin} = \frac{MPPT \text{ min. inversor}}{V_{mp} (\text{panel})} \quad (3.6)$$

Donde:

“Nps: Posible número de paneles conectados en serie máximo y mínimo

MPPT: Rango de Tensión nominal de entrada del inversor (V)

Voc: Voltaje de circuito abierto del panel (V)

Vmp: Voltaje de máxima potencia del panel (V)”⁴⁶

El número de paneles conectados en paralelo se obtiene como:

$$N_{pp} \leq \frac{I \text{ máx. inversor}}{I_{cc} (\text{panel})} \quad (3.7)$$

Donde:

“Npp: Numero de paneles en paralelo

I máx. Inversor: Corriente de entrada máxima permisible por el inversor (A)

⁴⁶ B. Torres, L. Gonza; Tesis “Análisis técnico económico para la implementación de una central solar fotovoltaica en la parroquia de San Antonio de pichincha”, pp. 95

*Icc: Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (A). ”*⁴⁷

En función de la potencia pico del panel fotovoltaico y aplicando un factor de ajuste de 0,85, aplicable a Ecuador se realiza el cálculo de potencia DC de entrada al inversor. [42]

3.1.15 Elección del inversor

Se debe tener en cuenta algunos parámetros para el dimensionamiento de un inversor, la tensión nominal de entrada, salida y la potencia nominal de entrada y salida del inversor, las especificaciones técnicas varían dependiendo del fabricante.

Se tomará de referencia la normativa vigente de España para realizar el estudio de los parámetros de solicitud por la empresa distribuidora, algunas referencias facilitadas por el fabricante de los inversores de instalación interconectada están indicadas en sus especificaciones técnicas en cada uno de sus equipos, adicional a estas el usuario deberá incorporar como mínimo los siguientes puntos. [2]

- *“Tensión nominal de entrada y salida*
- *Rango de tensión de entrada, mínima y máxima*
- *Potencia de función del tiempo de funcionamiento y potencia nominal*
- *Frecuencia nominal y variación máxima*
- *Factor de distorsión*
- *Forma de onda*
- *Rango de temperaturas de funcionamiento*
- *Rendimiento al 10%, 20%, 50%, y 100% de la potencia nominal.*
- *Sobrecarga admisible*
- *Resistencia a cortocircuito*
- *Tiempo de reconexión automático.”*⁴⁸

El inversor en sus placas de trabajo deberá estar inscrito, como mínimo con la siguiente información técnica.

- *“Marca y modelo*
- *Número de referencia*

⁴⁷J. C. Herrera, Sistema híbrido solar- eólico para el abastecimiento eléctrico del centro nacional de control de energía (CENACE), pp. 4

⁴⁸ Consejería de innovación, ciencia y empresa; Disposiciones Generales, Sevilla, 18 de mayo 2007, Boja núm. 98, pp. 12

- *Potencia nominal*".⁴⁹

Una de las primordiales recomendaciones dentro de la normativa vigente para los inversores con conexión a la red es tener una garantía de trabajo mínima de 2 años. En el mercado nacional e internacional existen empresas que brindan el servicio de los inversores para conectarse con la red.

Ubicación del inversor

La ubicación del inversor en el sistema fotovoltaico será de forma preferible en un lugar retirado de la intemperie, sobre todo de los rayos del sol, lluvia, polvo, humedad, el lugar donde sea empotrado el inversor deberá estar limpio y fresco, con facilidad de operación para mantenimiento del usuario. [41]

Las distancias de conexión serán lo más precisas posibles para minimizar las caídas de tensión, brindando seguridad y confiabilidad. Si el inversor estaría en la intemperie su grado de protección mínima en el sistema se tiene que regir a la norma IP54 "*Protección contra el contacto y la penetración de agua y suciedad.*"⁵⁰

3.1.16 Conductores eléctricos

Para las conexiones de los sistemas solares fotovoltaicos los conductores a ser utilizados son de gran consideración y están cuidadosamente diseñados para satisfacer con mayor rendimiento el trabajo que van a realizar, con los parámetros de protección según la figura 3.5.

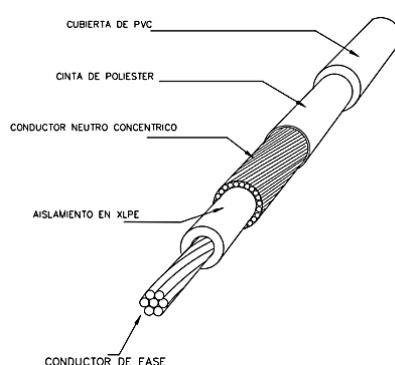


Figura 3.5 Cable concéntrico bipolar para corriente continua

Fuente: Especificación técnica cables concéntricos para baja tensión

Es fundamental que los conductores tengan una sección adecuada para disminuir las caídas de tensión y los sobrecalentamientos, su sección debe ser tal que la máxima

⁴⁹ Consejería de innovación, ciencia y empresa; Disposiciones Generales, Sevilla, 18 de mayo 2007, Boja núm. 98, pp. 13

⁵⁰Rein Medical, Tecnología artículo clases de protecciones IP, fuente <http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de-proteccion-ip.html>

caída de tensión en ellos sea inferior a los límites expresados en la siguiente tabla 3.3 a continuación presentada. [10], [41]

Generador fotovoltaico- Tablero principal C.C.	2%
Tablero principal C.C. - entrada del inversor	1%
Inversor – Tablero de conexión A.C.	3%

Tabla 3.3 Porcentajes de caídas de tensión máxima en los conductores de la instalación fotovoltaica

Fuente: [10] Instalaciones solares fotovoltaicas

Para dimensionar un conductor se tiene en consideración su caída de tensión (ΔV), su longitud y la resistividad en Ωm . [43]

Las formulas empleadas para calcular la sección de los conductores es:

- **Sección de Conductores corriente continua**

$$S = \frac{2 \times L \times I}{C \times \Delta V \% \times V_{ab}} \quad (3.8)$$

Donde:

“L: Longitud del conductor (m)

I: Intensidad del conductor (A)

ΔV : Porcentaje de la caída de tensión admisible.

C: Conductividad del conductor (56: cobre, 35: Aluminio)

V_{ab} : Voltaje de trabajo en los puntos A y B (12,24 V)”⁵¹

Para las conexiones eléctricas entre los módulos, se recomienda un cable tipo intemperie, fabricado con elementos resistentes a la luz solar, uno de los conductores a ser utilizados por su diseño es el tipo TWD-UV, el cual se puede manejar en acometidas áreas y sistemas fotovoltaicos.

- **Conductores corriente alterna**

Los conductores y posibles tubos de protección deben cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los conductores a emplear serán de cobre y se acoplaran a los equipos mediante conectores apropiados a su sección. “*En el exterior todos los conductores serán de 0,6/1Kv de aislamiento*”⁵², se opta por utilizar el

⁵¹ M. Pablo Alcalde San; ELECTROTECNIA, Madrid, Paraninfo, 2009, pp. 44

⁵² J.C. Vicente, Estudio técnico y análisis de factores de los que depende la viabilidad económica de una instalación solar fotovoltaica conectada a red interna en el centro oceanográfico de Mazarrón, pp. 16

cableado de aluminio únicamente en la línea desde el inversor hasta la red eléctrica.
[41]

El color en el aislante de los conductores utilizados después del inversor, según el Código Eléctrico Nacional es el siguiente:

- Fase: Negro, Azul ó Rojo
- Neutro: Blanco
- Protección: Verde [44]

Sección de conductores corriente alterna

El procedimiento es similar al cálculo de sección de conductores c.c.

Sistemas monofásicos

$$S = \frac{\rho \times 2 \times L \times I \times \cos\varphi}{\Delta V\%} \quad (3.9)$$

Donde:

“ ρ : Resistividad del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L: Distancia desde el punto de alimentación a la carga (m)

I: Intensidad de la línea (A)

Cos φ : Factor de potencia de la carga

$\Delta V\%$: Caída de tensión admisible en la línea (V)”⁵³

Sistemas Trifásicos

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos\varphi}{\Delta V\%} \quad (3.10)$$

Donde:

“ ρ : Resistividad del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L: Longitud de la línea (m)

I: Intensidad eficaz de la línea (A)

Cos φ : Factor de potencia de la carga

$\Delta V\%$: Caída de tensión admisible en la línea (V).”⁵⁴

⁵³ M. P. Alcalde San, Instalaciones Electricas y Automaticas, Madrid: PARANINFO, 2009. pp. 211

⁵⁴ M. P. Alcalde San, Instalaciones Electricas y Automaticas, Madrid: PARANINFO, 2009. pp. 212

Para las conexiones entre los demás elementos del sistema se recomienda los cables con una alta resistividad a la humedad los cuales deben estar aislados de la intemperie, en este caso se utiliza el conductor tipo THW, ya que por su diseño es termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios. En la siguiente tabla 3.4 se recomienda los tipos de cable para conexiones solares fotovoltaicas.

Circuito	Tipo de cable recomendado
Paneles solares Fotovoltaicos	TWD-UV
Panel solar a diodos de derivación	TWD-UV
Panel solar a inversor	THW
Inversor a Carga	THW

Tabla 3.4 Selección del tipo de conductor recomendado
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

3.1.17 Canalizaciones de protección

Una protección muy especial de los conductores en las instalaciones dentro de la estética profesional, se encuentra trabajar con tubería tipo EMT, con sus respectivos conectores, uniones, abrazaderas, grapas, etc. La tubería EMT es ampliamente utilizada en instalaciones eléctricas exteriores o interiores, externamente son galvanizados y recubiertos internamente con un esmalte de baja fricción, que permite el montaje de los conductores, evitando la corrosión, y alcanzando mayor durabilidad. [3]

Por lo general en la construcción se utiliza tubería rígida o flexible, los tubos rígidos de acero son los más utilizados en las instalaciones eléctricas, el número de cables no deberá superar lo permitido por lo mostrado en la siguiente tabla 3.5 a continuación:

Diámetro de la Tubería (EMT)						
# Conductor (AWG)	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
14	9	13	25	44	60	99
12	7	12	20	34	47	78
10	5	9	15	26	36	60
8	3	5	8	14	20	32
6	1	2	4	7	10	16
4	1	1	3	5	7	12
2	1	1	1	4	5	9
1	0	1	1	2	4	6
1/0	0	1	1	2	3	5

Tabla 3.5 Número de conductores tipo TW que pueden instalarse dentro de tubería conduit

Fuente: [3] G. Enríquez Harper, *Instalaciones eléctricas domésticas convencionales y solares fotovoltaicas, Mexico D.F.: LIMUSA, 2010.*

La tubería protectora puede ser metálica o no metálica (rígidos, curvables, flexibles o enterrados), fabricada de un material resistente a la corrosión, sujetándose al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de no propagar la llama en caso de incendio.

Los tubos se acoplarán mediante accesorios apropiados a su tipo, que garanticen la protección a los conductores, en el esquema deberán seguir segmentos verticales y horizontales.

- **Conexiones**

Para una mejor viabilidad de los conductores es muy recomendable realizar las conexiones por medio de borneras, regletas o terminales de compresión, en ningún caso se recomienda realizar conexiones y/o derivaciones por simple enrollamiento o ajuste entre sí de los conductores eléctricos puesto que existen bajas tensiones pero corrientes elevadas propias de sistemas solares fotovoltaicos.

3.1.18 Protecciones

El sistema de protecciones es muy importante en el funcionamiento adecuado de cualquier procedimiento de generación, lograr obtener una técnica de protección y confiabilidad acertadamente coordinadas contra los posibles peligros que puedan presentarse. Las protecciones dentro de los elementos principales de los sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red de distribución se encuentran divididas notablemente en tres primordiales fases para un buen funcionamiento.

- Protección de generación
- Protección del Inversor
- Protección de conexión a la red

Un cortocircuito en el campo generador es muy peligroso para las personas, debido al arco eléctrico que se produce por pasar del cortocircuito al circuito abierto, por la variación brusca en la corriente. [45]

$$I_{\text{máx.}} \leq I_{\text{Fusible}}$$

Para fusibles gG normalizados se debe cumplir:

$$1,6 \times I_{\text{nominal del dispositivo de protección}} \leq 1,45 \times I_{\text{admisible de la línea}}$$

El sistema de protecciones se encuentra especificado en el Real Decreto 1663/2000, y su información deberá ser adjuntada a las características de la instalación, junto con la solicitud de la conexión a la red que se entrega a la empresa distribuidora.

- Interruptor general manual.- Es un dispositivo Magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora, es un elemento que posibilita separar la instalación fotovoltaica de la red de distribución. Debe ser accesible a la empresa distribuidora con el fin de poder ejecutar la desconexión manual, se instalara un segundo interruptor Magnetotérmico de menor intensidad que permite independizar a las líneas propias de cada inversor de manera que no se vea afectada la instalación por problemas en uno de los inversores. [45]

$I_{\text{diseño de la línea}} \leq I_{\text{nominal dispositivo de protección}} \leq I_{\text{admisible de la línea.}}$

- Interruptor automático diferencial.- Es instalado en cada uno de los armarios de protección y medida con la finalidad de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento en la instalación, según la Guía Técnica de Aplicación de Instalaciones Interiores ITC-BT-25 este dispositivo debe poseer una intensidad residual máxima de 30 mA, con el objetivo de actuar por fallos a tierra su corriente debe ser mayor a la del Magnetotérmico de protección.

Dimensionamiento de las protecciones	
Protecciones en D.C.	
Intensidad Fusible:	1,2 x Icc panel
Seccionador:	1,2 x Npp x Icc panel
Protección Sobretenión:	1000 Vdc/ In 20Ka. [42]
Tablero de conexión	
Interruptor Magnetotérmico:	$1,2 \times \frac{\text{Potencia inversor}}{V_{\text{monofasico}} \times \cos\phi}$
Interruptor General:	Número de arreglos x I máx. Magnetotérmico
Interruptor Diferencial:	4x25, 30 mA. [42]

Tabla 3.6 Dimensionamiento de las protecciones eléctricas

Fuente: [42] Sistema híbrido solar-eólico para el abastecimiento eléctrico del centro de control de energía – CENACE

Protección a Tierra

“Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el reglamento electrotécnico para baja tensión”⁵⁵. El sistema fotovoltaico debe contar con un sistema de puesta a tierra especialmente en las partes metálicas no activas accesibles como el marco de los módulos o la carcasa del inversor, aumentando la seguridad del personal y minimizando los efectos de los rayos y otras sobretensiones inducidas en los equipos, como se presenta en la siguiente figura 3.6 a continuación.

⁵⁵ REAL DECRETO 1663/2000, de 29 de Septiembre, Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

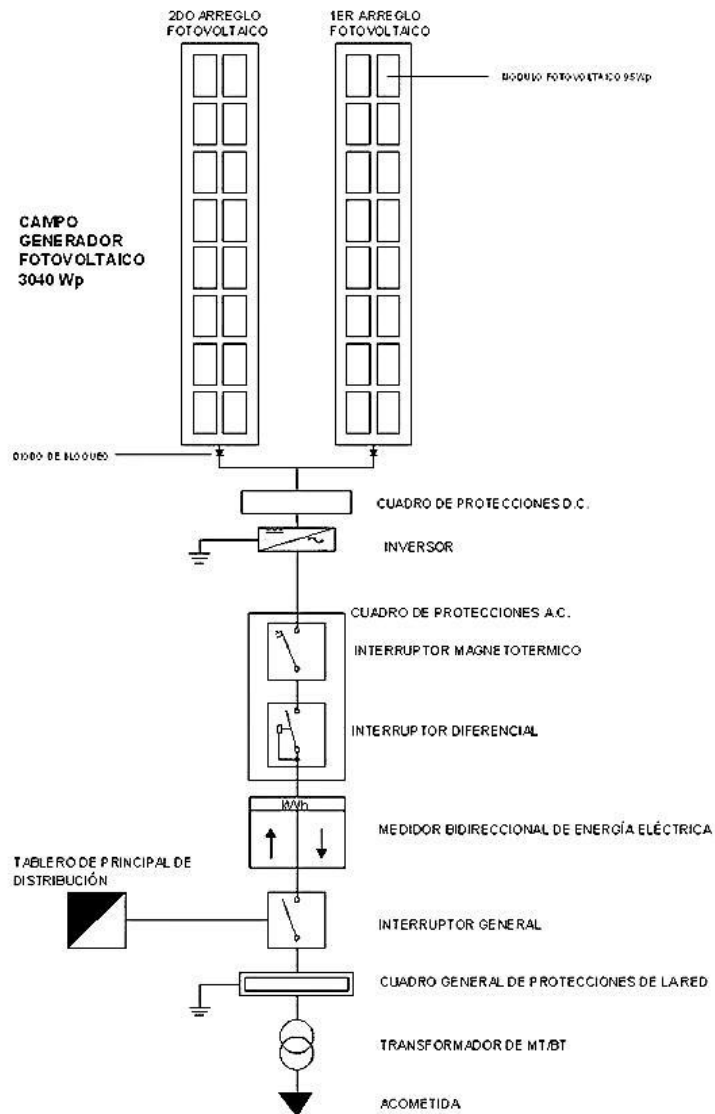


Figura 3.6 Diagrama Unifilar de conexión de la instalación fotovoltaica

Fuente: Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

3.1.19 Medidores Bidireccionales

Los medidores bidireccionales son elementos electrónicos de gran ayuda para la interconexión, realizando la cuantificación de kilovatios/hora en ambas direcciones como su nombre lo indica, esto quiere decir verificando el consumo que tiene un usuario conectado a la red normal en un cierto periodo de tiempo y de igual manera la medición de los valores de energía entregados por el usuario a la empresa distribuidora.

El Sistema de Medición Comercial es un acoplamiento de elementos, programas y comunicaciones que permite con gran precisión, la medición de flujos energéticos, para valorar las transacciones económicas de los Agentes del Mercado Eléctrico Mayorista. [46]

En la Regulación No CONELEC 005/06 el Sistema de Medición Comercial (SISMEC) deberá contar con los siguientes factores:

- *“El valor de la medición tiene que ser correcto, para esto se debe garantizar el buen funcionamiento de los equipos de medición y los dispositivos instalados.*
- *El CENACE toma lectura de los datos guardados en los medidores/registradores, mediante equipos y dispositivos de comunicación que permitan la adquisición de datos mediante tele medición.*
- *El Terminal Portátil de lectura (TPL), es un programa que permite adquirir datos de los registradores/ medidores, localizados en los puntos de medición, la suscripción para el uso de la licencia se lo hará con el CENACE, cumpliendo las condiciones por el establecidas.*
- *El concentrador principal de mediciones, es un sistema que permite registrar, almacenar, procesar y difundir información de medidas administrado por el CENACE, el cual está en la facultad de recibir la información de los medidores registradores, a través de envíos ejecutados por los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) o mediante tele medición.”⁵⁶.*

En el caso de ser autoproductores, y contribuyendo con excedentes de energía eléctrica en el MEM, en el punto de medición se instalará un medidor/registrador bidireccional, con el amparo adecuado en el punto límite con la Empresa Distribuidora, de Transmisión, o un Gran Consumidor. [46]

Si por alguna razón se decide reubicar el punto de medición, el CENACE deberá ser comunicado para continuar con la aprobación, la información propia deberá ser enunciada al CONELEC y a los agentes interesados en el punto de medición, previo a su incorporación en el Sistema de Medición Comercial. [46]

El medidor bidireccional debe contar con una serie de parámetros que garantice su buen desempeño como por ejemplo:

- Un dispositivo que permita visualizar el funcionamiento del medidor.
- Una memoria que almacene la información (registros numéricos)

⁵⁶Regulación No CONELEC 005/06, Sistema de Medición Comercial del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM)

- Una memoria volátil que permita guardar información, en ocasiones que exista ausencias de tensión de cualquier tipo.
- Un elemento indicador que abarca la memoria que guarda la información.
- El dispositivo que permite emitir, o recibir pulsos eléctricos, interpretando valores de energía, transmitidas desde el medidor hasta la compañía receptora.

3.1.20 Estudio y análisis del sistema de generación solar fotovoltaica para el Distrito Metropolitano de Quito.

Para realizar el estudio de un sistema solar fotovoltaico y definir su viabilidad dentro de una región o ciudad, es primordial trabajar directamente con datos muy cercanos a la realidad, al realizar una memoria técnica con sus cálculos matemáticos, análisis, recomendaciones y conclusiones ayudará de gran manera para acertar en lo planeado.

En el capítulo anterior se verificó y estudió el tipo de demanda con mayor grado de consumo a nivel del Distrito Metropolitano de Quito. La conclusión del sistema está enfocada para áreas residenciales o habitacionales, con el fin de visualizar su porcentaje de ahorro, ganancia o pérdida dados por un sistema solar fotovoltaico.

Arquitectónicamente la ciudad de Quito tiene un promedio de vivienda de aproximadamente unos cien metros cuadrados de espacio libre para ser aprovechado por módulos fotovoltaicos, esto quiere decir que se encuentra libre de antenas, cables y sistemas que puedan perjudicar a los paneles. Esta información se la recopiló de profesionales, Arquitectos e Ingenieros Civiles del Ministerio del Interior, basados en su experiencia profesional y laboral.

Espacio útil del Sistema

El área favorable para la distribución de los módulos fotovoltaicos deberán encontrarse dentro de una área de fácil acceso al personal para su instalación, supervisión y mantenimiento. Esto servirá para investigar y analizar el área de implantación de los elementos del dimensionamiento del sistema de generación de energía solar fotovoltaica conectada a la red de distribución, dentro de un rango promedio para el Distrito Metropolitano de Quito.

La losa accesible para el estudio de una generación solar fotovoltaico conectado a la red consta de un espacio físico de 6 m de ancho y 16 m de largo, logrando obtener

un área favorable de 96 m². Como se muestra en la figura 3.7 se tomará el área con mayor acceso y dimensionamiento para el aprovechamiento de módulos fotovoltaicos.

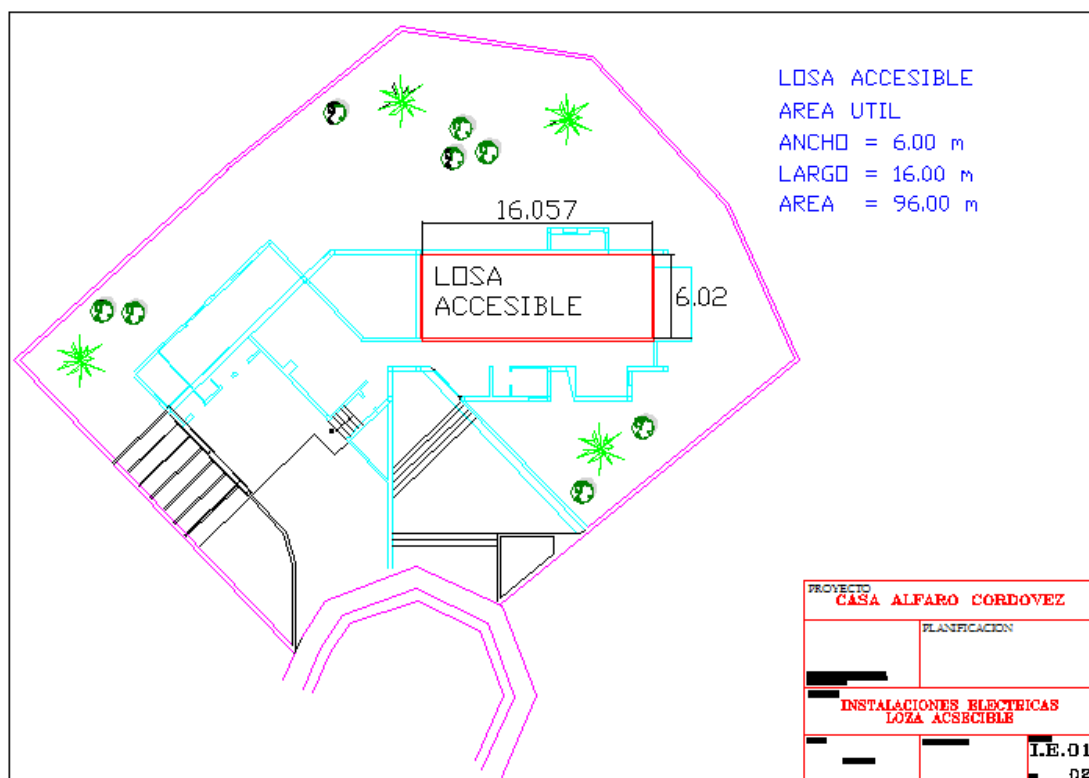


Figura 3.7 Plano arquitectónico losa accesible de la residencia Alfaro ubicada en Quito, Cumbaya.
Urbanización Bosques de San Pedro
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Dimensionamiento de paneles solares para sistema de generación.

El panel solar fotovoltaico escogido para satisfacer nuestro sistema de generación dentro del área accesible y calculada tiene las siguientes características, algunas de ellas se las describen a continuación, su carta de presentación se encuentra en el Anexo F.

Características del panel fotovoltaico escogido	
Datos técnicos	
Fabricante	Simax
Modelo – Tipo	SM 536-95
Tipo de celda solar	Mono cristalino 125mm x 125mm
Número de celdas	36 pcs
Dimensiones del módulo	1200 x 540 x 35 mm

Peso, módulo	8 Kg
Datos eléctricos	
Máxima potencia nominal	95 W pico
Tolerancia de Potencia	+/- 2%
Máxima potencia de voltaje	7,8 (V)
Máxima potencia de corriente	5,33 (A)
Voltaje circuito abierto	22,2 (V)
Corriente circuito abierto	5,79 (A)
Eficiencia de celda	17,8%
Máximo voltaje de sistema	700 (V)
Coefficiente de temperatura	
Coefficiente de Potencia (P_{MPP})	-0,45 %/K
Coefficiente de Voltaje (U_{OC})	-0,35 %/K
Coefficiente de Corriente (I_{SC}) 0,065	+/- 0,015 %/K
Garantía de potencia	
10 años de la presentación de garantía para 90%	
25 años de la presentación de garantía para 90%	

Tabla 3.7 Características del panel fotovoltaico de 95Wp
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Para disposición de análisis de dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica. Para establecer el número de paneles solares dentro del área designada es importante tomar en cuenta algunos parámetros para la ejecución correcta del sistema de generación. Como ya se explicó anteriormente la ciudad del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra en una posición favorable para el aprovechamiento del sol, su posición geográfica del emplazamiento, se encuentra casi en la línea ecuatorial por esta razón su ángulo de inclinación se la podrá fijar dentro de los 10 grados respecto de la base horizontal, en nuestro caso el de la losa, principalmente el ángulo puede ser provechado para permitir la evacuación del agua de lluvia.

Para la mayor producción de espacio y rendimiento del sistema los paneles se podrían instalar en posición vertical, es decir con la superficie de mayor espacio hacia arriba.

El cálculo de separación entre las filas de los paneles solares se la realiza multiplicando 2.5 veces la altura proyectada del panel, esta propiedad se encuentra normada para impedir que se afecte el rendimiento de las filas posteriores del módulo fotovoltaico. [42]

$$\text{Sen}10^\circ = \frac{h}{0,54} \quad (3.11)$$

$$\text{Cos}10^\circ = \frac{c}{b} \quad (3.12)$$

$$h = \text{Sen}10^\circ \times 0,54$$

$$c = \text{Cos}10^\circ \times 0,54$$

$$h = 0,094$$

$$c = 0,53$$

$$L = 2,5 \times 0,094$$

$$L = 0,23$$

$$\text{Distancia minima entre modulos} = 0,23 + 0,53$$

$$\text{Distancia minima entre modulos} = 0,76$$

Gracias estos cálculos se podrán definir el número de paneles fotovoltaicos a lo ancho y largo del área eficaz del proyecto, como se presenta en la siguiente figura 3.8 a continuación.

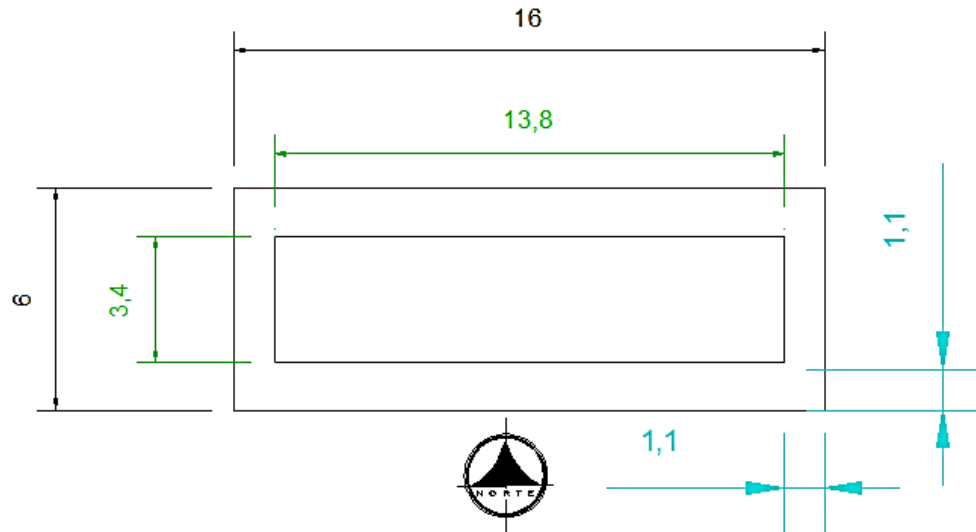


Figura 3.8 Dimensiones del área útil para la generación solar fotovoltaica

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

$$\text{Filas largo útil} = \frac{13,08}{1,2}$$

$$\text{Filas largo util} = 11 \text{ paneles}$$

$$\text{Ancho util} = \frac{3.40}{0.77}$$

$$\text{Ancho util} = 4 \text{ paneles}$$

$$\text{Numero de paneles} = 8 \times 4$$

$$\text{Numero de paneles} = 44 \text{ paneles}$$

Área Accesible	Unidad
Largo (Útil)	13,08
Ancho (Útil)	3,40
Filas (Largo/Largo separación panel)	11
Columnas (Ancho / ancho panel)	4
Total de paneles (95 Wp)	44

Tabla 3.8 Área accesible instalación solar fotovoltaica
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Parámetros del panel y medición

Existen datos que brinda el fabricante para la determinación del usuario de máximos y mínimos de temperatura de operación del panel fotovoltaico también el voltaje máximo y mínimo a máxima potencia de trabajo del panel, son datos con un alto grado de relevancia para un buen funcionamiento y asegurar que el diseño no comprometa a la vida útil del sistema. En la tabla 3.9 se expresa los términos del panel y medición.

T. máx.: Temperatura ambiente máxima (C°)	23.1	Estación meteorológica
T. min: Temperatura ambiente mínima (C°)	3.1	Estación meteorológica
Ir. máx.: Irradiación máxima (W/m²)	1274	Estación meteorológica
Ir. min: Irradiación mínima (W/m²)	100	Valor asumido

Tabla 3.9 Parámetros meteorológicos de medición
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

$$Tp_{max.} = 23.1 + \frac{45-20}{800} \times 1274$$

$$Tp_{min.} = 3.1 + \frac{45-20}{800} \times 100$$

$$Tp_{max.} = 62.9^{\circ}C$$

$$Tp_{min.} = 6.2^{\circ}C$$

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos tiene una característica de funcionamiento la cual se encuentra ligada estrechamente al voltaje proporcionado por el panel y la temperatura a la que opera, su relación es inversamente proporcional, es decir a mayor temperatura de trabajo del panel fotovoltaico su rendimiento es menor. [42]

Calculo de voltaje de operación extremos

El voltaje está relacionado con la temperatura de operación del panel fotovoltaico, a menor temperatura mejor rendimiento del panel y viceversa se expresa en la tabla 3.10 a continuación.

Voltaje a máxima potencia (V)	17.8
dV _{map} /dt (V/°C)	0.062
Temp. Estándar (°C)	25
Tp min(°C)	6.2
Variación T (°C)	18.8
Variación máxima de voltaje de máxima potencia	1.17
Voltaje máximo de máxima potencia (V)	18.97

Temp. Estándar (°C)	25
Tp máx.(°C)	62.9
Variación T (°C)	37.9
Variación máxima de voltaje de máxima potencia	2.35
Voltaje mínimo de máxima potencia (V)	15.5

Tabla 3.10 Resultado de voltaje de operación extremos
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Determinación de paneles (serie-paralelo) e Inversor.

Es importante para realizar el análisis definir el tipo y características del inversor que pueda satisfacer la necesidad del generador fotovoltaico. En nuestro país existen varios tipos de sistemas de inversores el que se escogió para realizar el estudio obtiene las siguientes características de trabajo que expresan a continuación en la tabla 3.1

Características de los inversores	
Datos generales	Características
Fabricante	SMA
Modelo – Tipo	Sunny Boy 1100/1700
Dimensiones	434 / 295 / 214 mm
Rango de temperatura de servicio	-25 °C / +60 °C
Emisiones de ruido (típicas)	< 46 dB (A)
Topología	Transformador de baja frecuencia
Sistema de refrigeración	convención
Entrada corriente continua	
Potencia máxima de CC.	1850 (W)
Tensión máxima de CC.	400 (V)
Rango de tensión fotovoltaica, MPPT	139 – 320 (V)
Corriente máxima de entrada	12,6 (A)
Número de seguidores de MPP	1
Número máximo de Strings	2
Salida corriente alterna	
Potencia nominal de CA.	1550 (W)
Potencia máxima de CA.	1700 (W)
Corriente máxima de salida	8,6 (A)
Tensión nominal de CA/ rango	220-240 / 180-260 (V)
Frecuencia de red CA.	50, 60 Hz +- 4,5 Hz
Factor de potencia	1
Conexión de CA.	Monofásica

Tabla 3.11 Características del inversor sunny boy 1700

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Las características específicas propuestas se las realiza en el siguiente Anexo G, para disposición de análisis de dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica para el sistema del inversor.

Una vez determinada las características del inversor se procede con el cálculo de los paneles en serie y paralelo, tomando en cuenta un rango de posibilidades de un mínimo y máximo.

$$Nps\ max = \frac{T.max\ entrada\ del\ inversor}{Voc\ (panel)} \quad (3.13)$$

$$Nps\ max = \frac{320}{22.2}$$

$$Nps\ max = 14\ paneles$$

$$Nps\ min = \frac{139}{17.8}$$

$$Nps\ min = 8\ paneles$$

Para el cálculo de paneles en paralelo se utiliza la siguiente expresión.

$$Npp \times Iccpanel \leq I_{max\ inv}. \quad (3.14)$$

$$Npp \leq \frac{12.6}{5.79}$$

$$Npp \leq 2\ paneles$$

Conforme a los resultados anteriores se define posibles configuraciones de arreglos en serie y paralelo.

Arreglo		
Nps/Npp	1	2
14	14	28
13	13	26
12	12	24
11	11	22
10	10	20
9	9	18
8	8	16

Tabla 3.12 Resultado de posibles arreglos fotovoltaicos para el diseño
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

En la siguiente tabla 3.13 se calcula la potencia de c.c. de entrada al inversor, en función de la potencia pico del panel fotovoltaico y aplicando un factor de ajuste de

0.85, aplicable a Ecuador que relaciona la Potencia del campo Solar con la del inversor.
[42]

Potencia asociada al arreglo (kW)		
Nps/Npp	1	2
14	1.13	2.3
13	1.05	2.1
12	0.97	1.94
11	0.89	1.78
10	0.81	1.62
9	0.73	1.45
8	0.65	1.3

Tabla 3.13 Potencias asociada a los posibles arreglos fotovoltaicos en el diseño
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Si se considera que la potencia de entrada C.C. del inversor es de 1.85kW según el fabricante, el arreglo fotovoltaico que se ajusta al sistema es el que se presenta en la siguiente tabla 3.14 a continuación.

Arreglo final serie – paralelo	
Nps	11
Npp	2
Pp (kW)	2.09
P al inversor (kW)	1.78
P nominal del inversor (kW)	1.85

Tabla 3.14 Arreglo final serie – paralelo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Resultados de Técnicos de plausibilidad

dVoc/DT (%/°C)	0.35
Voltaje de circuito abierto (V)	22.2
dVmap/dt (V/°C)	0.077
Temp. Estándar (°C)	25
Tp min(°C)	6.2
Variación T (°C)	18.8
Variación máxima de voltaje (V)	1.45
Voltaje máximo de circuito abierto (V)	23.65

Tabla 3.15 Resultados técnicos de plausibilidad voltaje máximo de circuito abierto
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Resultados análisis de plausibilidad

		Comprobación Voltaje		Comprobación corriente	
Nps	Npp	Vco máx. (V) panel	Vco máx. (V) arreglo	Icc(A) panel	Icc(A) arreglo
11	2	23.65	260.15	5.79	11.58

Tabla 3.16 Resultados técnicos de la instalación fotovoltaica

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Se puede ver en las tablas 3.15 y 3.16 que se cumple la condición que la corriente de cortocircuito máxima por arreglo sea menor que la corriente admisible de entrada del inversor.

$$\text{Numero de arreglos} = \frac{44 \text{ paneles}}{22 \text{ paneles}}$$

$$\text{Numero de arreglos} = 2$$

$$\text{Numero de inversores} = \frac{\text{Potencia max generador fotovoltaico}}{\text{Potencia CA inversor}}$$

$$\text{Numero de inversores} = \frac{4180W}{1700W}$$

$$\text{Numero de inversores} = 2$$

Con 2 arreglos en el emplazamiento se pueden instalar 44 paneles fotovoltaicos, como se presenta en la siguiente tabla 3.17 a continuación.

Condiciones estándar	
Potencia del campo solar (kW)	4.56
Tensión de circuito abierto (V)	260.15
Intensidad de cortocircuito por arreglo (A)	11.58
Intensidad de cortocircuito total (A)	23.16
Tensión en el punto de máxima potencia (V)	131.56
ESPECIFICACIONES	
Número de módulos en serie por arreglo	11
Número de módulos en paralelo por arreglo	2
Número total de módulos	44
Número de arreglos	2
Inclinación	10°

Tabla 3.17 Especificaciones técnicas de la instalación solar fotovoltaica

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

El arreglo de los módulos solares fotovoltaicos dentro del área útil se la muestra en la siguiente figura 3,9 a continuación con sus medidas de uso y accesibilidad de trabajo para el emplazamiento.

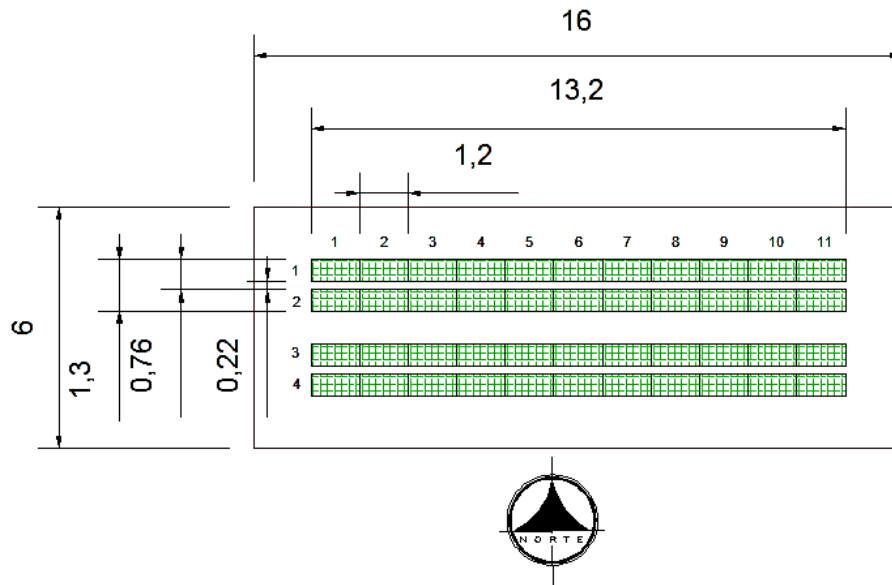


Figura 3.9 Campo generador fotovoltaico en el emplazamiento.

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Configuración de las protecciones

Una vez conocidos los datos estándar del generador fotovoltaico, se procede a dimensionar las protecciones.

Tablero de c.c.

Elemento: Fusible

$$I_{fusible} = 1.2 \times I_{cc \text{ panel}} \quad (3.15)$$

Donde:

$$I_{fusible} = 1.2 \times 5.79$$

$$I_{fusible} = 6.95 \text{ A} \approx 10 \text{ A}$$

Elemento: Seccionador

$$I_{seccionador} = 1.2 \times N_{pp} \times I_{cc \text{ panel}} \quad (3.16)$$

Donde:

$$I_{seccionador} = 1.2 \times 2 \times 5.79$$

$$I_{seccionador} = 13.9 \text{ A}$$

Tablero de conexión

Elemento: Interruptor Magneto térmico

$$I_{max} = 1.2 \times \frac{P_{inversor}}{(V_{monofasico} \times \text{Factor de potencia})} \quad (3.17)$$

Donde:

$$I_{max} = 1.2 \times \frac{1.85(kW)}{(110V \times 1)}$$

$$I_{max} = 20.18 A \approx 25 A, 2 \text{ polos}$$

Elemento: Interruptor General

$$I_{max_{general}} = \text{Numero de inversores por sistema} \times I_{max} \quad (3.18)$$

Donde:

$$I_{max_{general}} = 2 \times 25 A$$

$$I_{max_{general}} = 50 A, 2 \text{ Polos}$$

Elemento: Interruptor Diferencial

$$I = 30 mA$$

Sección de los conductores

- Interconexión paneles fotovoltaicos de un arreglo

$$S = \frac{2 \times 0.7 \times 5.79}{56 \times 0.12}$$

$$S = 1.20 mm^2$$

Se utiliza la sección inmediatamente superior 2.08 mm², (conductor THHN AWG # 14)

- Interconexión entre el Paneles fotovoltaicos e inversor

$$S = \frac{2 \times 10 \times 5.33 \times 2 \times 0.0178}{0.02 \times 17.8 \times 11}$$

$$S = 0.96 mm^2$$

Se utiliza la sección inmediatamente superior 33.62 mm², (conductor THHN AWG # 2)

Sección del conductor desde el inversor a la coja de conexión.

$$S = \frac{0.0178 \times 2 \times 40 \times 8.6 \times 1}{0.02 \times 110}$$

114

$$S = 6.95 \text{ mm}^2$$

Se utiliza la sección inmediatamente superior 8.37 mm², (conductor THHN AWG # 8)

Descripción de los equipos

Inversor

El inversor propuesto es el SUNNY BOY 1700 del fabricante SMA, elaborado principalmente para instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica, para montaje en interior - intemperie debido a su grado de protección IP65.

Entre los datos técnicos del equipo se tiene un amplio rango de temperatura, alto rendimiento y mínimo requerimiento de mantenimiento. Puede ser utilizado en entornos residenciales o industriales por su bajo nivel sonoro, cumple con medidas adecuadas de seguridad para las personas y con la normativa establecida en el Real Decreto 1663/2000 del 29 de septiembre acerca de la conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Medidas de protección del inversor:

- Automáticamente se desconecta cuando el voltaje de red es menor a 196V ó mayor a 253V y la frecuencia es menor a 59Hz ó mayor a 60Hz. Para que el inversor opere correctamente debe estar sincronizado en tensión y frecuencia a la red.
- Entre sus dispositivos de protección dispone de una separación galvánica entre la instalación fotovoltaica y la red de distribución.
- Mediante relés controlados por software se realiza la desconexión y reconexión en el punto de inyección.

Cuenta con 3 indicadores que permiten al usuario verificar el funcionamiento del inversor en el sistema como se describe en la tabla 3.18 a continuación.

Indicador verde: La puesta en servicio se ha realizado correctamente, este led parpadea cuando no se tiene suficiente radiación solar y no se han alcanzado las condiciones de conexión con la red.

Indicador amarillo: Se encuentra en fallo.

Indicador Rojo: Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso.

El rango de operación para frecuencia de red CA en 60Hz es [55.5Hz – 64,5Hz]

CÓDIGOS INTERMITENTES			
Verde	Rojo	Amarillo	Estado
Encendido	Apagado	Apagado	Inyección a la red
	Permanece encendido	Apagado	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso
		Encendido	Inicialización
Parpadeo rápido (3 veces por segundo)	Apagado	Apagado	Parado
	Encendido	Apagado	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso
Parpadeo lento (1 vez por segundo)	Apagado	Apagado	Esperando monitorización de la red
	Encendido	Apagado	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso
Se apaga brevemente (aprox. 1 vez por segundo)	Apagado	Apagado	Reducción de la potencia
	Encendido	Apagado	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso
Apagado	Apagado	Apagado	Desconexión nocturna
		Encendido/parpadea	Fallo
	Encendido	Apagado	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso
		Encendido/parpadea	Cortocircuito a tierra o varistor defectuoso y fallo

Tabla 3.18 Códigos intermitentes del inversor sunny boy 1700
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L

Conexión eléctrica del inversor SUNYY BOY 1700 en el sistema.

Las conexiones del inversor se las realiza por la parte posterior de dicho elemento como se muestra en la figura 3.10 a continuación

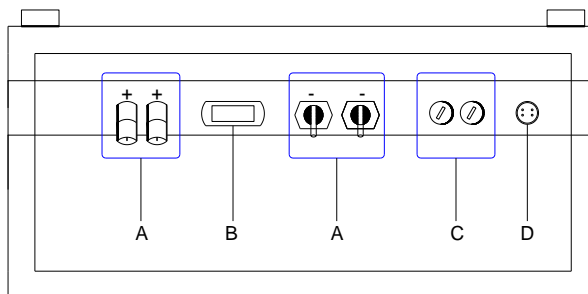


Figura 3.10 Conexión eléctrica del inversor sunny boy 1700 parte posterior del equipo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L

A: Conectores CC para la conexión de los strings fotovoltaicos.

B: Conector hembra para la conexión del seccionador de carga de CC del Electronic Solar Switch

C: Apertura de la carcasa con tapones para la comunicación.

D: Conector hembra para la conexión de CA.

En caso de conectar tres inversores a la red pública el esquema se puede visualizar en la figura 3.11

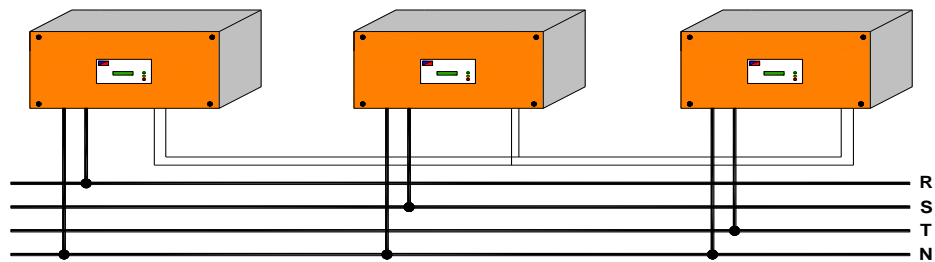


Figura 3.11 Conexión de tres inversores sunny boy a la red eléctrica

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L

Medidor Bidireccional

Actualmente en el Ecuador no se cuenta con una empresa dedicada a la producción de medidores bidireccionales, empresas como Itrón en Europa, Mederco en Colombia y Schneider Electric se dedican a la fabricación de estos equipos. Para el estudio el medidor bidireccional recomendado es Schneider Electric ION 7550, con alta precisión para la facturación varias opciones de comunicación y compatibilidad con la Web. Sin olvidarse que la implementación y estudio del medidor bidireccional será de la empresa distribuidora bajo sus normas y aplicaciones correspondientes para estudio se exponen algunas de las características principales del medidor bidireccional confiado.

El medidor ofrece mediciones de RMS verdaderos por fase y totales para:

- Voltaje y corriente
- Potencia activa (kW), reactiva (kVAR), y aparente (kVA).
- Factor de potencia y frecuencia.

- Desequilibrio entre fase y corriente
- Inversión de la fase.

Posee entradas y salidas digitales que permiten monitorear una serie de condiciones como la velocidad del flujo, los ciclos del dispositivo, su lista de funciones y opciones, es muy utilizado para control de cargas, generadores u otros equipos. Algunas de sus características de funcionamiento del medidor bidireccional se muestran a continuación.

Datos generales

- Voltaje/corriente por fase, promedio, desequilibrio
- Potencia: real, aparente, factor de potencia , frecuencia
- Energía: bidireccional, total, recibida, enviada, neta
- Demanda: de bloque, sliding Windows (bloque rotatorio)
- Capacidad estándar de memoria 5MB
- Sincronización de tiempos GPS
- Puertos RS-232/485/Ethernet/óptico infrarrojo
- Modem interno

En la siguiente figura 3.12 a continuación se muestra el esquema general de interconexión a la red eléctrica de bajo voltaje.

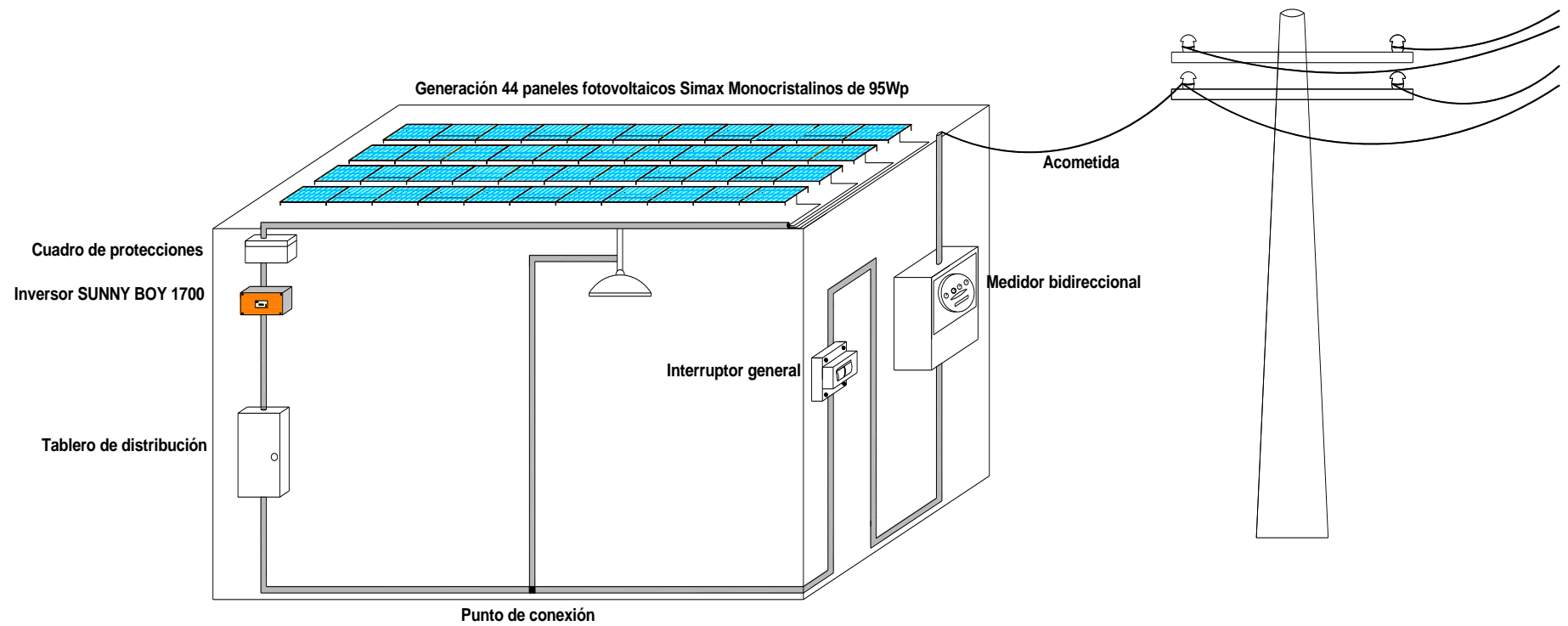


Figura 3.12 Esquema de Interconexión a la red eléctrica de un sistema solar fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón

3.2 Diseño computacional del dimensionamiento de los equipos

Con lo estudiado en el subcapítulo 3.1 se realizó un diseño computacional con el dimensionamiento básico de una instalación solar fotovoltaica, considerando parámetros importantes como:

- Elección del panel fotovoltaico a utilizar en el emplazamiento.
- Temperatura máxima y mínima de operación del módulo.
- Distancia entre paneles fotovoltaicos
- Determinación del arreglo fotovoltaico.
- Elección del inversor
- Sección de los conductores.
- Protecciones en DC y AC

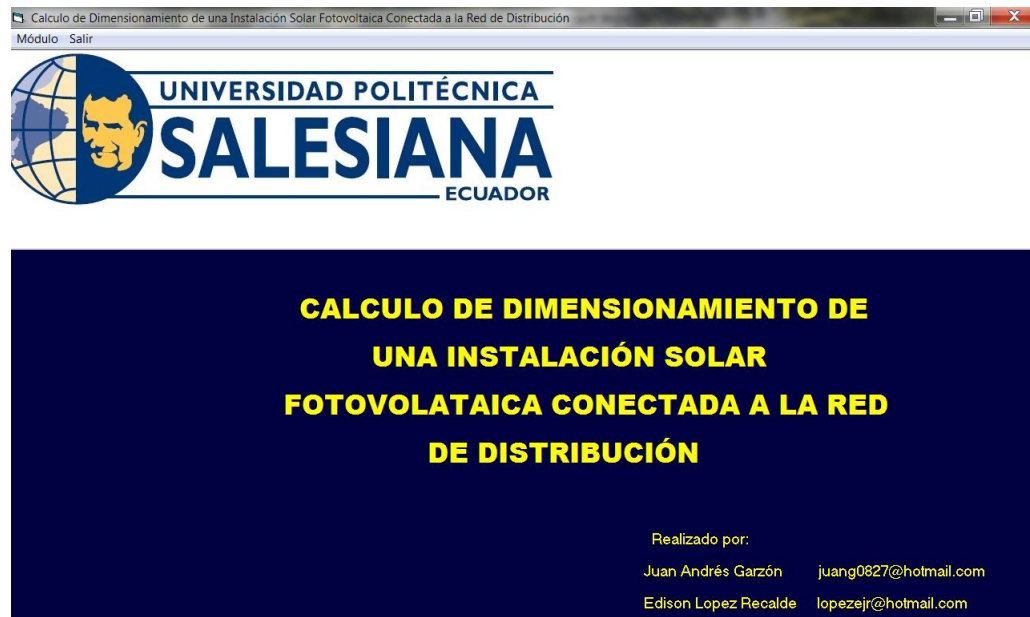


Figura 3.13 Programa de dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red de distribución

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Es fundamental conocer las características del panel fotovoltaico con el cual se desarrollara un proyecto, mediante el programa se puede desplegar una lista con la potencia de los diferentes módulos que se encuentran actualmente en el mercado.

Módulo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

ELECCIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Potencia del módulo fotovoltaico: 35

Parámetros Técnicos	
Voltaje de Maxima Potencia(V)	17.8
Corriente de Maxima Potencia(A)	5.33
Voltaje de circuito abierto(V)	22.2
Corriente de cortocircuito(A)	5.79
TONC °C	45
dVoc/DT(%/°C)	0.35
Dimensiones	
Longitud(m)	1200
Ancho(m)	540
Espesor(m)	35
Especificaciones	
Tecnología	Monocrystalino
Empresa	PROVIENTO
Precio\$	200

Siguiente

Figura 3.14 Elección del módulo fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

La temperatura está relacionada con el desempeño del panel fotovoltaico, por lo que es necesario conocer su rango máximo y mínimo, los datos de Temperatura ambiente (°) e Irradiancia (W/m^2), dependen de la información que se genera en la estación meteorológica.

Temperatura

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

T.min: Temperatura ambiente diurna mínima (°C)	3.1	Estacion metereologica
T.max: Temperatura ambiente maxima (°C)	23.1	Estacion metereologica
I. max: Irradiancia maxima (W/m^2)	1274	Estacion metereologica
I. max: Irradiancia minima (W/m^2)	100	Valor Asumido

Temperatura de operación maxima (°C)	62.9125
Temperatura de operación minima (°C)	5.225

Siguiente

Figura 3.15 Temperatura de operación del módulo fotovoltaico.
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Dentro del diseño es fundamental calcular la distancia entre módulos con el fin de evitar las sombras que afecten el rendimiento de la instalación fotovoltaica, para esto el usuario ingresa el ángulo de inclinación que considere óptimo para el diseño

DISTANCIA ENTRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Angulo de inclinacion del modulo fotovoltaico: 10
 0.174532925199433

Altura (h): 9.37209153401424E-02
 Distancia e (m): 0.531796186626592
 Distancia a (m): 0.24442503960356
 Distancia entre paneles fotovoltaicos (m): 0.758221235475948

Vista Lateral

Siguiete

Figura 3.16 Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos
 Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Se determinan los voltajes de operación extremos máximos y mínimos.

VOLTAJE MÁXIMO Y MÍNIMO DE MÁXIMA POTENCIA

Voltaje de maxima potencia (V): 178
 dV_{mp}/dT (V/°C): 52.3
 Temperatura estandar (°C): 25
 T_p min (°C): 5.225
 Variacion T (°C): 18.775
 Variacion maxima de voltaje de maxima potencia: 1169.6825
 Voltaje maximo de maxima potencia (V): 1347.6825

Temperatura estandar (°C): 25
 T_p max (°C): 52.9125
 Variacion T (°C): 37.9125
 Variacion maxima de voltaje de maxima potencia: 2361.94875
 Voltaje minimo de maxima potencia (V): 2183.94875

Voltaje de circuito abierto (V): 222
 dV_{oc}/dT (V/°C): 77.7
 dV_{oc}/DT (%/°C): 35
 Temperatura estandar (°C): 25
 T_p min (°C): 5.225
 Variacion T (°C): 18.775
 Variacion maxima de voltaje: 1458.0175
 Voltaje maximo de circuito abierto (V): 1680.0175

Siguiete

Figura 3.17 Voltajes máximos de operación del módulo fotovoltaico
 Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Mediante el programa el usuario puede ingresar los datos del emplazamiento con el objeto de determinar el espacio a utilizar por los módulos fotovoltaicos.

DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Dimensionamiento del Area para el emplazamiento

Longitud (m) 13.08

Ancho (m) 3.40

Area (m²) 44.472

Datos de la Instalacion Fotovoltaica

Filas (Largo util) 11

Paneles (Ancho/Ancho Panel) 4

Numero máximo de Paneles F. 44

Siguierte

Figura 3.18 Datos del emplazamiento para la generación de energía solar
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Se procede a seleccionar el inversor con el cual se va a trabajar.

SELECCIÓN DEL INVERSOR

Potencia de entrada del inversor 1050

Parametros de entrada del inversor seleccionado

Tensión máxima de C.C. (V) 400

Rango de tension fotovoltaica MPPT min (V) 120

Rango de tension fotovoltaica MPPT máx(V) 320

Corriente máxima (A) 12.6

Parametros de salidadel inversor seleccionado

Potencia nominal C.A. (W) 1500

Potencia máxima de C.A. 1700

Corriente máxima (A) 3.6

Frecuencia de red de C.A. 50Hz / 60Hz

Factor de potencia costj 1

Conexión de C.A. MONOFÁSICO

Rendimiento (%) 93.5

Siguierte

Figura 3.19 Selección del inversor DC / AC
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Al seleccionar el inversor, el programa nos permite visualizar las características del arreglo fotovoltaico que se va a instalar en el emplazamiento.

Arreglo del Sistema de Generación Fotovoltaico

Numero máximo de paneles en serie	14
Numero mínimo de paneles en serie	8
Numero de paneles en serie	11
Numero de paneles en paralelo	2

Numero de paneles en serie	11
Numero de paneles en paralelo	2
Numero de módulos por arreglo	22
Potencia del arreglo (kW)	2.09
Potencia al inversor	1.7765
Voltaje de circuito abierto (V)	260.2469925
Corriente de cortocircuito (A)	11.58
Numero total de arreglos	2

Siguiente

Figura 3.20 Características del arreglo fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

A continuación se podrá visualizar los datos de la instalación solar fotovoltaica.

Datos Técnicos de la Instalación Fotovoltaica

Potencia (kW)	4.18
Numero total de paneles	44
Corriente de cortocircuito (A)	23.16
Tension en el punto de máxima potencia (V)	208.6665075
Inclinación	10

Siguiente

Figura 3.21 Características del campo generador fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

En el cálculo de protecciones desarrollado por el programa, se tomará el valor inmediatamente superior, con datos estándares existentes en el mercado actual.

Figura 3. 22 Dimensionamiento de las protecciones eléctricas

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Con el mismo criterio anterior se selecciona el tipo de conductor, utilizando el valor inmediatamente superior, existente en el mercado actual.

Figura 3.23 Sección del conductor utilizado en la instalación

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

En el siguiente Anexo H se presenta el código de programaciones en Visual Basic de las diferentes pantallas del programa para el diseño y dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico para una residencia.

Adicional se adjunta el Anexo I del Manual de Usuario como ayuda memoria de la forma de utilizar y trabajar del programa computacional de diseño y dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.

3.3 Diseño de planos unifilares de las demanda o carga tipo.

La disposición de los planos unifilares correspondientes a las conexiones internas de conexión e interconexión dentro del sistema solar fotovoltaica se encuentran divididos en secciones primordiales dentro de las características de funcionamiento para la generación de energía renovable solar fotovoltaica, para ello se presenta los elementos que integran cada una de las áreas, tales como; conexiones, protecciones, aislamientos, leyendas, etc. El esquema de funciones del sistema solar fotovoltaico está caracterizado por; generación, cuadro de protecciones, inversores y contadores. En la figura 3.24 se indica el esquema fotovoltaico para reconocimiento de funciones de operación.

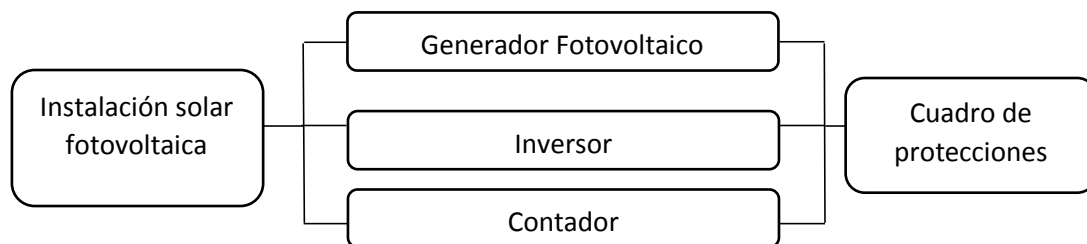


Figura 3.24 Esquema, fotovoltaico de funciones de operación
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

La primera etapa es la de generación, la cual está conformada por los módulos solares fotovoltaicos, como ya se ha mencionado tienen el propósito de convertir la radiación solar en energía. Asumir diferencias dentro de las conexiones internas del panel no adquiere un cambio relevante en el diseño de cualquier sistema con discrepancia de características de trabajo, sus principales conexiones se encuentran establecidas por el número de arreglos o módulos que se desee implementar, tomando sus especificaciones de potencia, voltaje y corriente, estos son aspectos que se deben tomar en cuenta en el momento de realizar el dimensionamiento y diseño del sistema de generación fotovoltaica.

En los siguientes planos presentados en formato AutoCAD, se realiza los diseños generales de módulos fotovoltaicos, correspondientes de forma ideal para el diseño de generación. Para el estudio del presente proyecto, se lo realiza dentro del área estimada de trabajo promedio de los 96 metros cuadrados factibles de área útil. El número de

paneles solares fotovoltaicos se encuentran divididos según sus requerimientos de arreglos, para satisfacer demandas y espacios útiles de aprovechamiento, sus cálculos realizados en los análisis de potencia serán de uso exclusivo para desagaviar de mejor manera la necesidad.

Cada uno de sus arreglos y paneles se encuentran con sus respectivas protecciones específicas para cada trabajo a desempeñar, los diodos de bypass y bloqueo son sistemas de seguridad para mantenimientos y protección de los paneles en épocas de baja radiación solar.

Los conductores de conexiones de los paneles solares fotovoltaicos tienen la característica para trabajar en corriente continua, sus conexiones en serie y paralelo, se encuentran definidas por colores según sus normas, adicionalmente el sistema de paneles solares fotovoltaicos deberá estar aterrizado para proteger eventualidades atmosféricas o técnicas correspondiente a la funcionabilidad del proyecto, como se presenta en la siguiente figura 3.25 a continuación.

La segunda etapa corresponde a la del inversor, su sistema de operación es la de convertir la corriente continua en corriente alterna favorable para satisfacer la demanda eléctrica de la residencia. Su incremento de potencia a la salida está dirigido para satisfacer de manera óptima al sistema con un mayor grado de generación para el consumo privado y aprovechar la venta de excedentes de energía a la empresa distribuidora.

Las características de conexión se encuentran en sus canales de entrada y salida del inversor es decir en corriente continua por un lado y corriente alterna por otro, a la salida de las protecciones de los paneles solares fotovoltaicos existe la interconexión con el inversor para la transformación de energía eléctrica. En las conexiones de salida del inversor existe un sistema de protección de corriente alterna para seguridad de trabajo, en sus rangos de operación.

Una de las características de estos equipos es la de realizar el ajuste interno de sincronización a la red de la empresa distribuidora, conectándose en paralelo, logrando evitar cualquier cortocircuito o daño en la red eléctrica, como se presenta en la siguiente figura 3.26 a continuación.

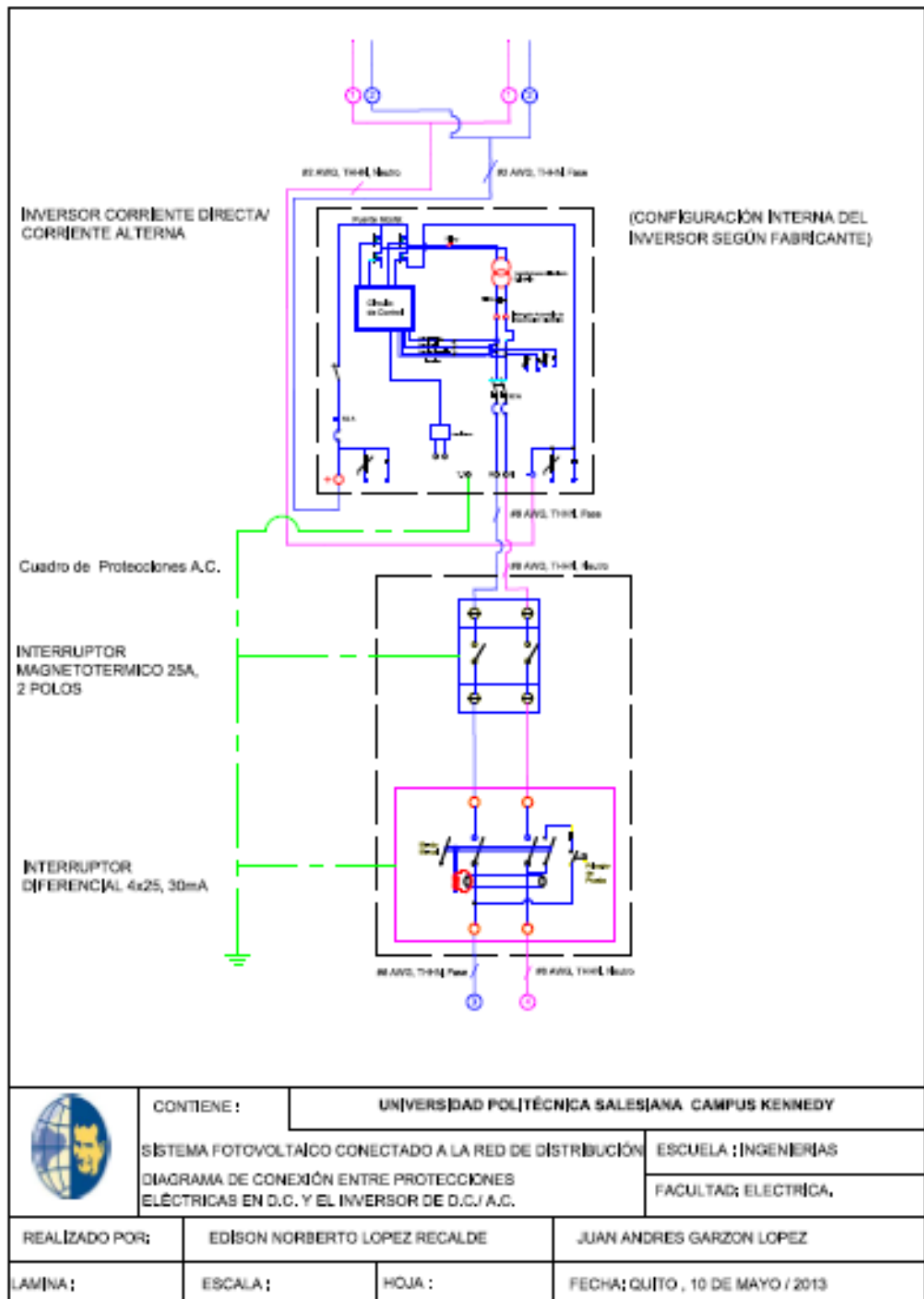


Figura 3.26 Diagrama unifilar de conexión entre protecciones eléctricas DC y el inversor
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

El tercer bloque se encuentra definido por el sistema de medición e interconexión con la red, para el sistema de medición es importante reconocer que el medidor de uso frecuente y normal deberá ser reubicado o cambiado por un medidor inteligente bidireccional, que facilita su operación en los canales contadores de entrada y salida de energía eléctrica, para su registro de energía consumida por el usuario en un determinado tiempo y a su vez registrar energía entregada por exceso de generación, a la empresa distribuidora.

En nuestro país esta tecnología se está desarrollando, para ello se ha basado el estudio y diseño bajo las normas y experiencia de países relativamente avanzados energéticamente en energías renovables (España, Estados Unidos, Alemania, etc.).

La interconexión con la red de la empresa distribuidora se la realiza en el sistema de baja tensión de una manera sencilla, con la conexión común del sistema de alimentación general hacia la residencia. Todo el trabajo de seccionamiento y verificación de entrega y recepción de energía la realiza el medidor bidireccional, tomando referencia la falta o exceso de energía, asimilando consumir más energía de la red y cumplir la demanda en horas pico, o reconocer el excedente de energía renovable solar fotovoltaica e inyectar a la red alcanzando una facturación para el usuario, como se presenta en la siguiente figura 3.27 a continuación.

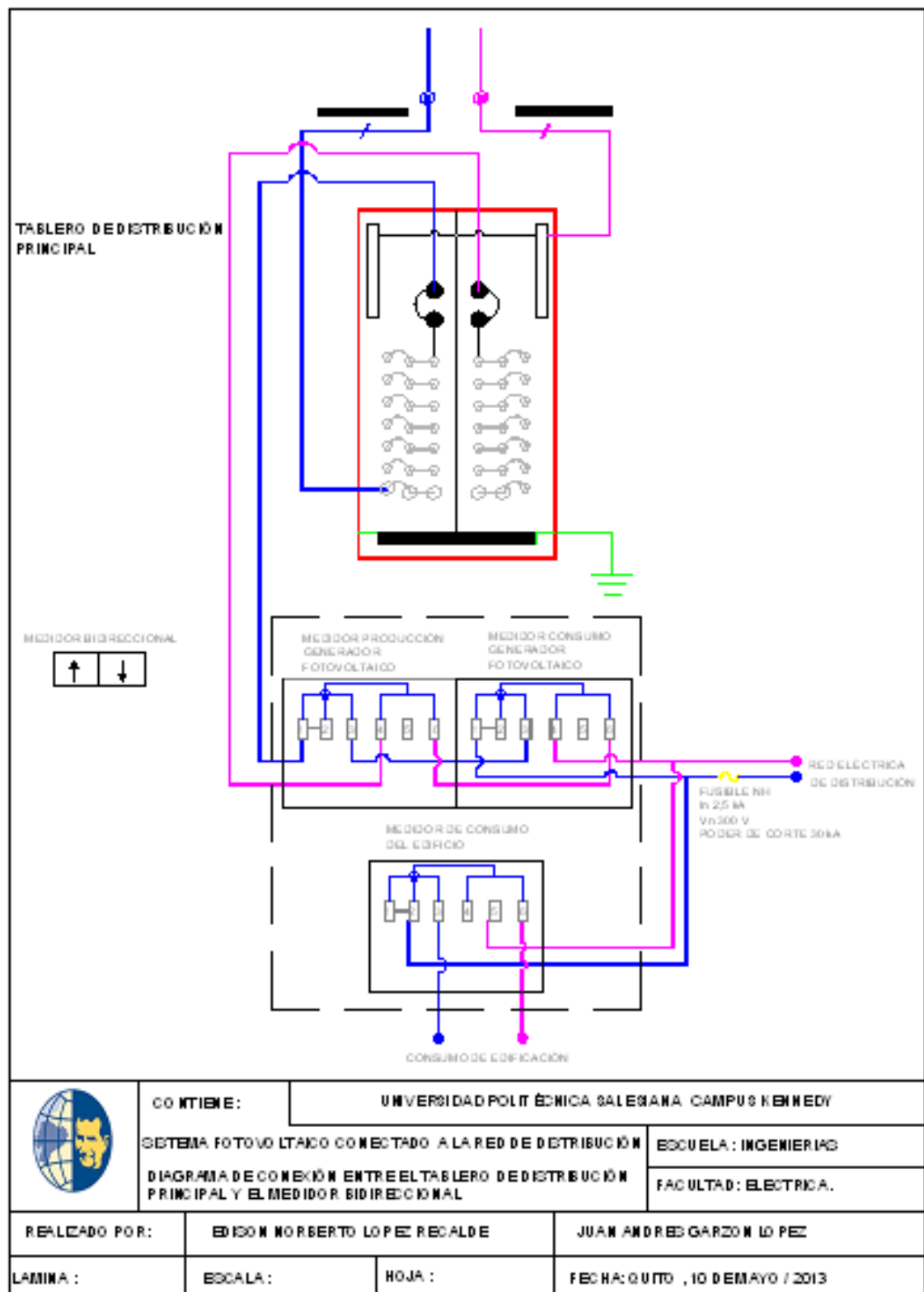


Figura 3.27 Diagrama de conexión entre el tablero de distribución principal y medidor bidireccional
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Para la descripción del sistema de generación solar fotovoltaica con conexión a la red se presenta una guía de interconexiones internas generales en diagrama unifilar para uso técnico y de entendimiento para el usuario.

Cuadros de protecciones dentro del sistema solar fotovoltaico están divididos dentro de aspectos técnicos analizados, para protecciones en corriente continua y corriente alterna. Las protecciones del sistema de generación dentro del rango de corriente alterna, son elementos de seguridad como fusibles, breakes, seccionadores que son instalados dentro del sistema de baja tensión. Reconocer el valor de la corriente que se va a trabajar para poder dimensionar y estimar de una forma correcta y factible su protección para la confiabilidad de operación de trabajo del sistema. Establecer un centro de carga o tablero de distribución logrará afinar y responder de forma inmediata alguna eventualidad dentro de la residencia o espacio útil, que puede ser ocasionado por la red o el sistema de alimentación eléctrica como se presenta en la siguiente figura 3.28 a continuación.

Síntesis de protecciones de instalación fotovoltaica

- **Generación fotovoltaica.-** Las protecciones de los paneles solares están protegidos por diodos de protección y fusibles.
- **Circuito de corriente continua hacia el inversor.-** Para circuitos y aparatos se utiliza un interruptor general magneto térmico.
- **Conversión de corriente continua- alterna.** Protecciones internas del sistema de transformación, (inversor).
- **Salida del inversor.** Sus protecciones depende de un interruptor automático magneto térmica, y protecciones para circuitos y aparatos de corriente alterna que estén expuestos a desequilibrios de tensiones y frecuencias que se pudieren efectuar.
- **Suministro de energía.-** Su contador de energía activa en función de kWh es un elemento de medición para el sistema de suministro de energía eléctrica, apoyado por sus protecciones internas de funcionamiento.
- **Protecciones adicionales.-** Para las instalaciones solares fotovoltaicas se puede adicionar sistemas para protección muy efectivos tales como; puesta a tierra de aparatos, interruptor general después del contador de energía

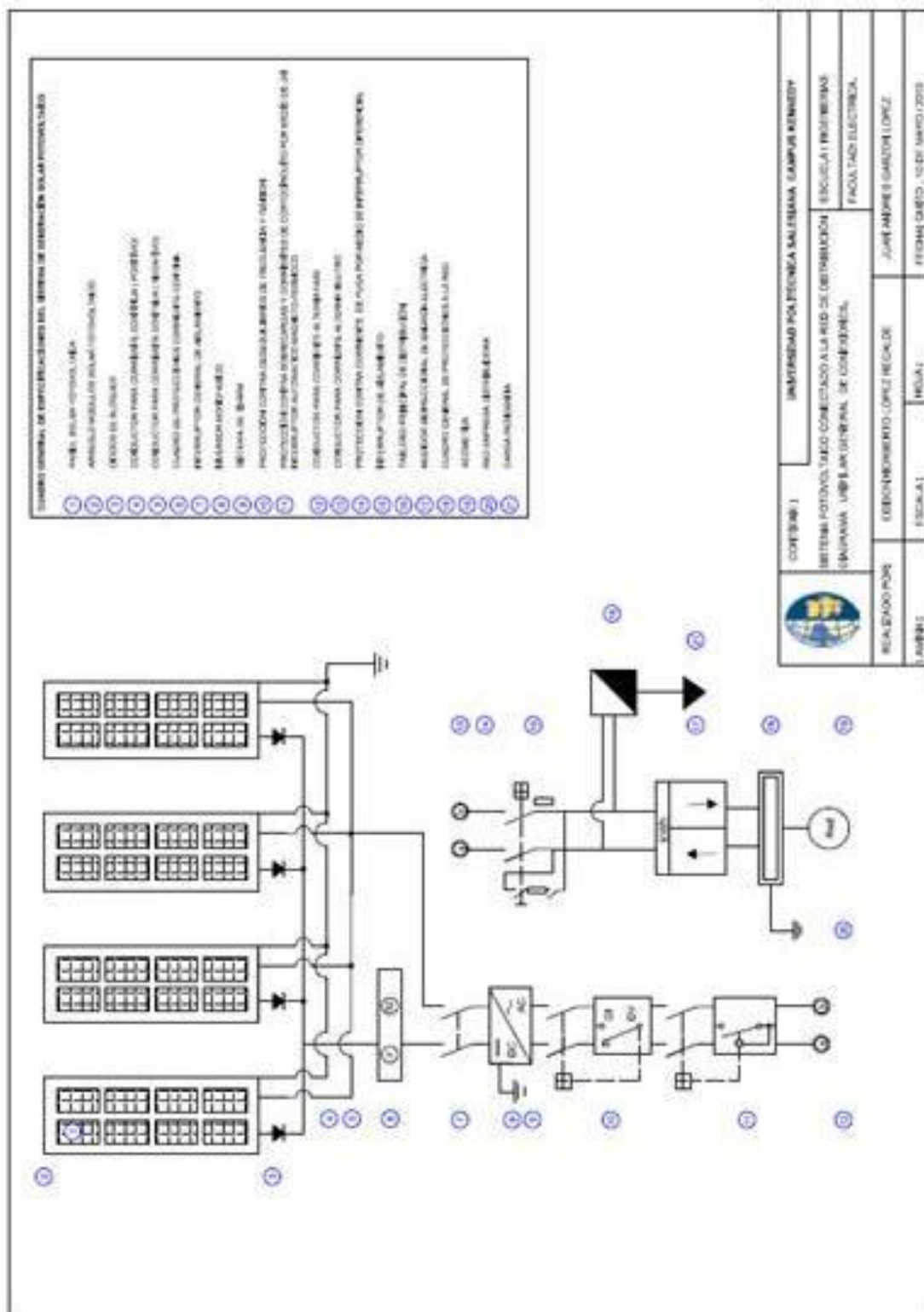


Figura 3.28 Diagrama unifilar de la instalación solar fotovoltaica.
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

3.4 Análisis de generación de excedentes de energía renovable solar fotovoltaica.

Para el análisis de excedentes de generación solar fotovoltaica se tomará valores reales de la demanda promedio de un usuario tipo residencial para el Distrito Metropolitano de Quito, y datos de irradiación solar medidos dentro de un periodo de tiempo para su respectivo análisis.

3.4.1 Demanda promedio para un usuario tipo Residencial

Los cálculos se realizan bajo levantamiento de consumo promedio mensual en función de su comportamiento de demanda. Los datos reales y curvas de demanda eléctrica promedio para el usuario tipo residencial son recopilados gracias a la asistencia del Ing. Juan Carlos Herrera Tutor y Docente de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Kennedy y la Corporación Nacional de Control de Energía (CENACE) latitud: - 0.37; longitud - 78.54, en el siguiente Anexo J se observan las tablas del demanda promedio diaria/ mensual de la Empresa Eléctrica Quito para este tipo de usuario.

En la siguiente tabla 3.19 se observa el número de abonados totales de la Empresa Eléctrica Quito, para realizar el análisis dentro del periodo de tiempo acorde a los datos de irradiación solar.

Clientes EEQ.S.A.	
2012	
Ene	892464
Feb	894723
Mar	897771
Abr	901686
May	904905
Jun	908043
Jul	911349
Ago	914990
Sep	919177
Oct	922140
Nov	924996
2013	
Dic	927847
Ene	930106
Feb	933154
Mar	937069

Tabla 3.19 Abonados Empresa Eléctrica Quito periodo - enero 2012 / marzo 2013.

Fuente: Ing. Diego Chimarro M. Dirección Clientes Especiales y Telemedición.

Para determinar el promedio de energía demandada por un usuario tipo residencial, se lo realiza tomando el valor total de demanda mensual dividido para el número de

abonados totales de ese mes, en el Anexo K se muestra los cálculos y análisis de demanda para obtener el promedio de un usuario tipo residencial. En la siguiente tabla 3.20 se presenta los resultados de la demanda promedio para un solo usuario.

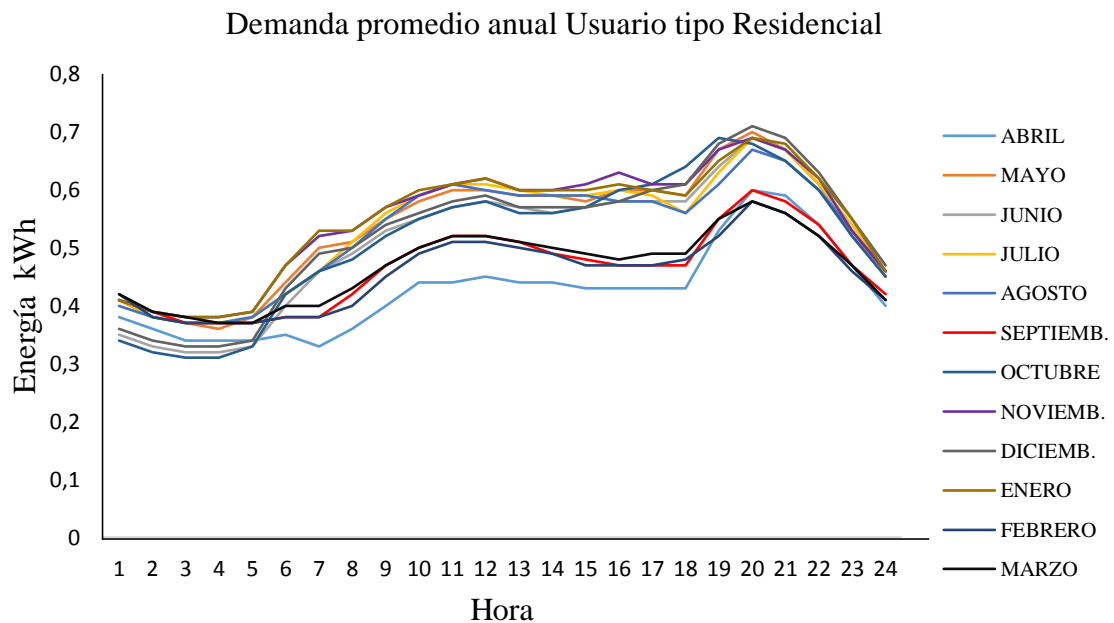


Figura 3.29 *Demanda anual usuario tipo residencial*
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Como ya se estudió en el capítulo 2 la mayor demanda de energía eléctrica se da entre las 19h00 y 20h00, es común que semanalmente, mensualmente o anualmente el perfil de carga presente ciclos repetitivos como se puede observar en la figura 3.29

Hora	Demanda Residencial (Usuario promedio) DMQ (kW/hora)											
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB.	OCTUBRE	NOVIEMB.	DICIEMB.	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	0,38	0,41	0,35	0,41	0,40	0,41	0,34	0,41	0,36	0,41	0,42	0,42
2	0,36	0,38	0,33	0,38	0,38	0,39	0,32	0,39	0,34	0,39	0,38	0,39
3	0,34	0,37	0,32	0,37	0,37	0,37	0,31	0,38	0,33	0,38	0,37	0,38
4	0,34	0,36	0,32	0,37	0,37	0,37	0,31	0,38	0,33	0,38	0,37	0,37
5	0,34	0,38	0,33	0,38	0,38	0,37	0,33	0,39	0,34	0,39	0,37	0,37
6	0,35	0,44	0,40	0,42	0,42	0,38	0,42	0,47	0,43	0,47	0,38	0,40
7	0,33	0,50	0,46	0,46	0,46	0,38	0,46	0,52	0,49	0,53	0,38	0,40
8	0,36	0,51	0,49	0,51	0,50	0,42	0,48	0,53	0,50	0,53	0,40	0,43
9	0,40	0,55	0,53	0,56	0,55	0,47	0,52	0,57	0,54	0,57	0,45	0,47
10	0,44	0,58	0,55	0,59	0,59	0,50	0,55	0,59	0,56	0,60	0,49	0,50
11	0,44	0,60	0,57	0,61	0,61	0,52	0,57	0,61	0,58	0,61	0,51	0,52
12	0,45	0,60	0,58	0,61	0,60	0,52	0,58	0,62	0,59	0,62	0,51	0,52
13	0,44	0,59	0,57	0,60	0,59	0,51	0,56	0,60	0,57	0,60	0,50	0,51
14	0,44	0,59	0,56	0,59	0,59	0,49	0,56	0,60	0,57	0,60	0,49	0,50
15	0,43	0,58	0,57	0,59	0,59	0,48	0,57	0,61	0,57	0,60	0,47	0,49
16	0,43	0,60	0,58	0,60	0,58	0,47	0,60	0,63	0,58	0,61	0,47	0,48
17	0,43	0,60	0,58	0,59	0,58	0,47	0,61	0,61	0,60	0,60	0,47	0,49
18	0,43	0,59	0,58	0,56	0,56	0,47	0,64	0,61	0,61	0,59	0,48	0,49
19	0,53	0,67	0,64	0,63	0,61	0,55	0,69	0,67	0,68	0,65	0,52	0,55
20	0,60	0,70	0,69	0,69	0,67	0,60	0,68	0,69	0,71	0,69	0,58	0,58
21	0,59	0,67	0,67	0,67	0,65	0,58	0,65	0,67	0,69	0,68	0,56	0,56
22	0,54	0,61	0,61	0,61	0,60	0,54	0,60	0,62	0,63	0,62	0,52	0,52
23	0,47	0,53	0,52	0,54	0,53	0,47	0,52	0,53	0,55	0,55	0,46	0,47
24	0,40	0,45	0,45	0,46	0,46	0,42	0,45	0,46	0,47	0,46	0,41	0,41

Tabla 3.20 Datos promedio de la demanda residencial
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón

3.4.2 Irradiación y generación de energía solar fotovoltaica en el Distrito Metropolitano de Quito

El promedio de irradiación solar para el Distrito Metropolitano de Quito se lo puede estudiar mediante los análisis propuestos por Kreith and Kreider, 1978; Duffie and Beckman, 1991 donde se expresa el modelo matemático de la variación solar de “*número de días y días de media recomendada para cada mes*”⁵⁷, la irradiación de este día es numéricamente igual en forma aproximada al valor medio en ese mes.

Mes	Promedio de los días del mes		
	Número de días	Día	Numero
Enero	i	17	17
Febrero	31 + i	16	47
Marzo	59 + i	16	75
Abril	90 + i	15	105
Mayo	120 + i	15	135
Junio	151 + i	11	162
Julio	181 + i	17	198
Agosto	212 + i	16	228
Septiembre	243 + i	15	258
Octubre	273 + i	15	288
Noviembre	304 + i	14	318
Diciembre	334 + i	10	344

Tabla 3.21 Día promedio del mes para el cálculo de irradiación solar mensual
Elaborada por: Edison López R. Juan Garzón L.

Estos datos son de suma importancia para realizar el estudio de excedentes de energía solar fotovoltaica, logrando verificar su generación mensual y anual respectivamente. Gracias a la colaboración del Ing. Diego Carrión y al Departamento de Energía y Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército se pudo recopilar datos reales medidos de irradiación solar, para realizar el análisis correspondiente del sistema de generación solar fotovoltaica en el siguiente Anexo L se presentan a continuación dichos datos.

En la siguiente tabla 3.22 se muestra los datos de irradiación dentro de un periodo de tiempo determinado (abril 2012 – marzo 2013).

⁵⁷S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering, California: ELSEVIER, 2009., pp. 56 , párrafo 1

Irradiación Solar (W/m2)												
Hora	ABRIL 15/04/2012	MAYO 15/05/2012	JUNIO 11/06/2012	JULIO 17/07/2012	AGOSTO 16/08/2012	SEPTIEMB. 15/09/2012	OCTUBRE 15/10/2012	NOVIEMB. 14/11/2012	DICIEMB. 10/12/2012	ENERO 17/01/2013	FEBRERO 16/02/2013	MARZO 16/03/2013
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	20	0	2,8	4,9	0,1	0,3	4,7	4,8	21,4	0,1	0,4	0,5
7	112,2	10,4	36,3	37,5	15,3	114,2	115,2	20,9	29,8	20	113,7	24,1
8	129,8	22,6	84,5	104,1	55,4	390,3	124,6	219,9	105,8	51,7	488,7	57,9
9	277,4	54,6	409,3	206,2	503,9	591,9	319,5	253,3	196,9	94,5	591,1	114,4
10	302,1	223,8	479,67	352,2	662,2	763,9	372,2	654,9	489,3	151,5	791,8	279
11	495,23	391,4	534,4	922,1	876,6	879,4	387,2	593,5	610,7	595,9	898,1	247,8
12	530,2	468	671,4	899,9	1007,6	926,5	401,2	843,8	947,1	730,8	939,7	483,7
13	489,67	442,7	879,5	862,3	944,2	901,7	581,5	718,2	827,5	813,1	920,9	794
14	510,89	786,5	860,3	757,7	818,5	772,2	784,4	410,4	865,5	878,8	836,5	698,2
15	356,7	884,8	598,3	602	604,8	657,8	320,7	365,9	589,5	635,5	689,2	581,5
16	153	787	398,1	401,3	582,7	464,5	183,6	199,2	481,4	550,3	466,4	493
17	0	621,4	188	191,1	112,7	206,7	21,3	45,8	166,8	238,3	186,5	387,8
18	0	276,8	9,2	10,6	0,4	3,4	6,5	6,3	14,6	6,9	11	4,3
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.22 Datos de radiación solar dependiendo el día tipo para cada mes

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA kWh												
Año	2012									2013		
Horas	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.08	0	0.012	0.020	0.000	0.001	0.020	0.020	0.0009	0.0004	0.0017	0.0021
7	0.47	0.043	0.152	0.157	0.064	0.477	0.482	0.087	0.0038	0.0836	0.4753	0.1007
8	0.54	0.094	0.353	0.435	0.232	1.631	0.521	0.919	0.0404	0.2161	20.428	0.2420
9	1.16	0.228	1.711	0.862	2.106	2.474	1.336	1.059	0.0466	0.3950	24.708	0.4782
10	1.26	0.935	2.005	1.472	2.768	3.193	1.556	2.737	0.1204	0.6333	33.097	11.662
11	2.07	1.636	2.234	3.854	3.664	3.676	1.618	2.481	0.1092	24.909	37.541	10.358
12	2.22	1.956	2.806	3.762	4.212	3.873	1.677	3.527	0.1552	30.547	39.279	20.219
13	2.05	1.850	3.676	3.604	3.947	3.769	2.431	3.002	0.1321	33.988	38.494	33.189
14	2.14	3.288	3.596	3.167	3.421	3.228	3.279	1.715	0.0755	36.734	34.966	29.185
15	1.49	3.698	2.501	2.516	2.528	2.750	1.341	1.529	0.0673	26.564	28.809	24.307
16	0.64	3.290	1.664	1.677	2.436	1.942	0.767	0.833	0.0366	23.003	19.496	20.607
17	0	2.597	0.786	0.799	0.471	0.864	0.089	0.191	0.0084	0.9961	0.7796	16.210
18	0	1.157	0.038	0.044	0.002	0.014	0.027	0.026	0.0012	0.0288	0.0460	0.0180
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3.23 Datos de generación solar dependiendo del día tipo para cada mes
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Al medio día en verano el sol puede alcanzar una radiación de 1000 W/m^2 , y en condiciones muy bajas a cielo cubierto la radiación está sobre los 100 W/m^2 , en la figura 1.7 del capítulo 1 se puede observar el punto de máxima potencia de un módulo fotovoltaico.

La producción de energía solar fotovoltaica depende de la cantidad de irradiación que capten los paneles, se puede observar las curvas de generación para cada mes del año y su variabilidad se debe a las condiciones climatológicas del lugar.

Al adquirir los valores de la demanda de energía eléctrica residencial y los valores de generación de la instalación solar fotovoltaica en un día tipo del mes se ejecuta las deducciones correspondientes para la verificación del ahorro y excedentes de energía renovable solar.

En el capítulo 2 de la presente investigación la tarifa por energía fotovoltaica está estipulada en 40 centavos por kilovatio- hora según la regulación del CONELEC 004/11, anualmente se podrían generar ingresos por la venta de excedentes a la Empresa Distribuidora y por Ahorro energético al no consumir el 100% de energía de la red eléctrica de distribución. En la siguiente figura 3.30 se puede observar el comportamiento de la demanda residencial y la generación de energía fotovoltaica.

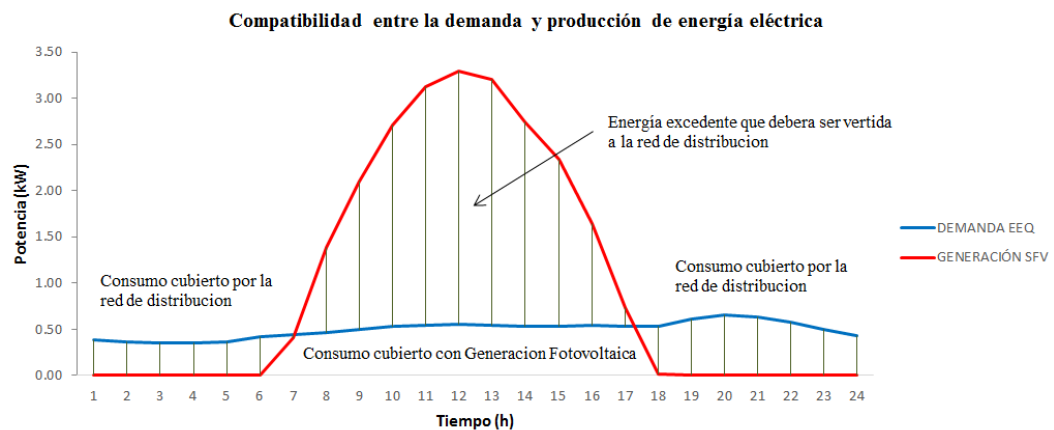


Figura 3.30 Curvas de demanda y producción de energía eléctrica
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

En horas cuando no exista radiación solar en el campo generador, la demanda será cubierta por la red de la empresa distribuidora, el excedente será el resultado de la diferencia entre la generación fotovoltaica y la demanda de energía eléctrica del sitio, en caso de que la demanda sea superior a la generación se consume de la red eléctrica.

Un medidor bidireccional permitirá contabilizar el excedente de energía fotovoltaica, pudiendo obtener un descuento económico en la facturación mensual.

Como se puede ver en la figura 3.30 la energía que se ahorra la empresa distribuidora se encuentra dentro del consumo cubierto por generación fotovoltaica.

3.4.3 Análisis de excedentes

- Fecha: 15 de Abril del 2012

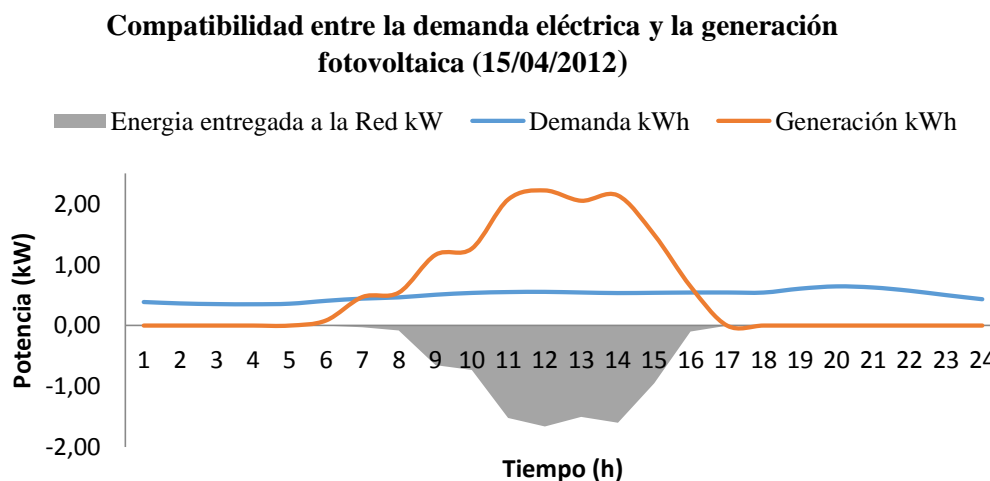


Figura 3.11 *Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica -Abril*

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 16h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: $(0,347-0,084) + (0,469-0,332) + (0,543-0,360) + (1,160-0,403) + (1,263-0,437) + (2,070-0,441) + (2,216-0,448) + (2,047-0,440) + (2,136-0,440) + (1,491-0,431) + (0,640-0,431)$

Energía entregada a la red de distribución: 8,83 kWh

Energía entregada mensualmente: 264,89 kWh.

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): $(0,08 + 0,44 + 0,46 + 0,51 + 0,54 + 0,55 + 0,55 + 0,54 + 0,53 + 0,54 + 0,54)$

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,28 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 158,45 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 7h00 y las 16h00

- Fecha: 15 de Mayo del 2012

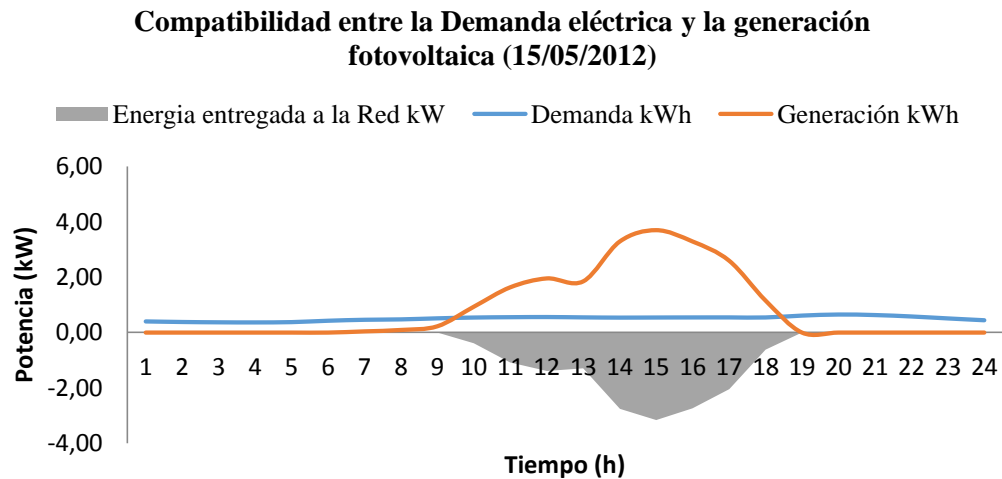


Figura 3.32 *Compatibilidad entre la demanda eléctrica y generación fotovoltaica-Mayo*
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 07h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,94-0,54) + (1,64-0,55) + (1,96-0,56) + (1,85-0,54) + (3,29-0,53) + (3,70-0,54) + (3,29-0,54) + (2,60-0,54) + (1,16-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 15,53 kWh

Energía entregada mensualmente: 481,33 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 15h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,04 + 0,09 + 0,23 + 0,54 + 0,55 + 0,56 + 0,54 + 0,53 + 0,54 + 0,54 + 0,54 + 0,54)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,25 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 162,69 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 10h00 y las 18h00

- Fecha: 11 de Julio del 2012

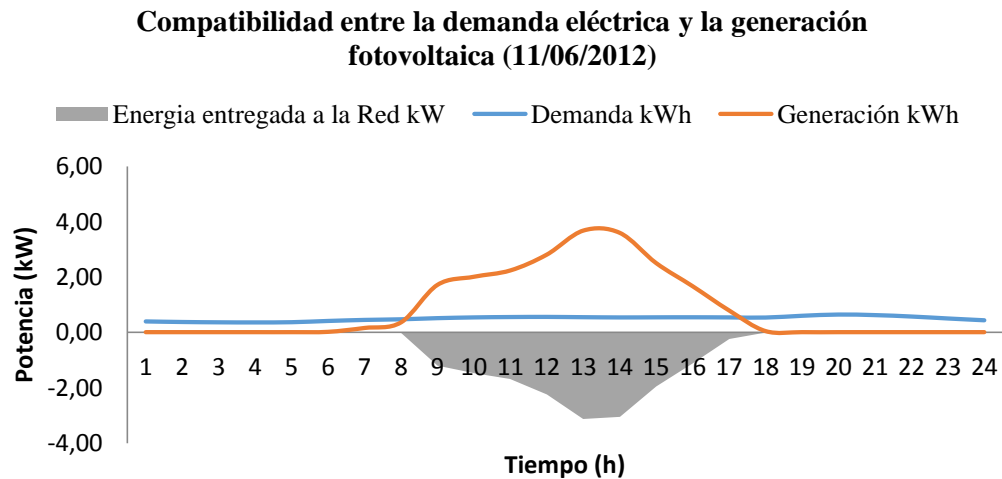


Figura 3.33 *Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Junio*
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (1,71-0,51) + (2,01-0,54) + (2,23-0,56) + (2,81-0,56) + (3,68-0,55) + (3,60-0,54) + (2,50-0,55) + (1,66-0,55) + (0,79-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 16,08 kWh

Energía entregada mensualmente: 482,26 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 13h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,01 + 0,15 + 0,35 + 0,51 + 0,54 + 0,56 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,55 + 0,55 + 0,54 + 0,04)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,45 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 163,62 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 09h00 y las 17h00

- Fecha: 17 de Julio del 2012

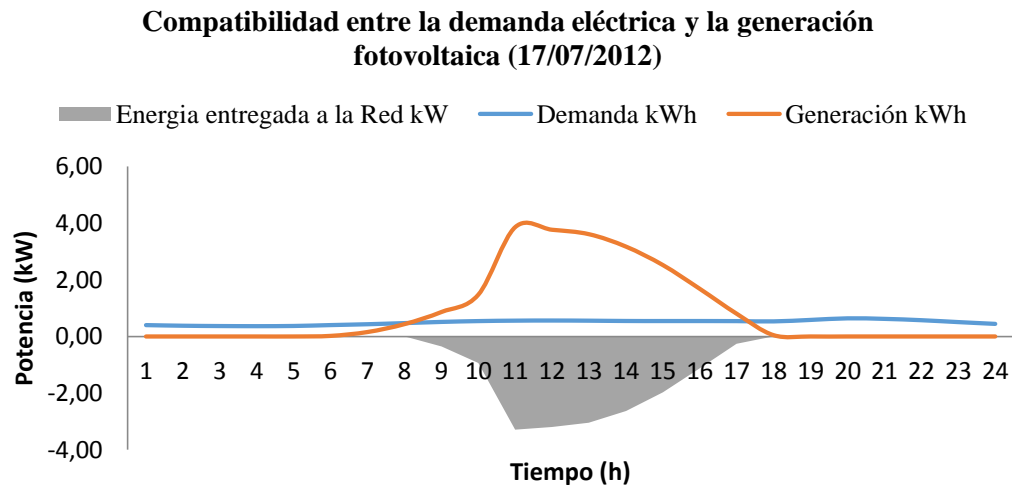


Figura 3.34 *Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Julio*

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,86-0,51) + (1,47-0,54) + (3,85-0,56) + (3,76-0,56) + (3,60-0,56) + (3,17-0,54) + (2,52-0,54) + (1,68-0,54) + (0,80-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 16,82 kWh

Energía entregada mensualmente: 521,30 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 11h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,02 + 0,16 + 0,44 + 0,51 + 0,54 + 0,56 + 0,56 + 0,56 + 0,54 + 0,54 + 0,54 + 0,54 + 0,04)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,56 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 172,30 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 09h00 y las 17h00

- Fecha: 16 de Agosto del 2012

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (16/08/2012)

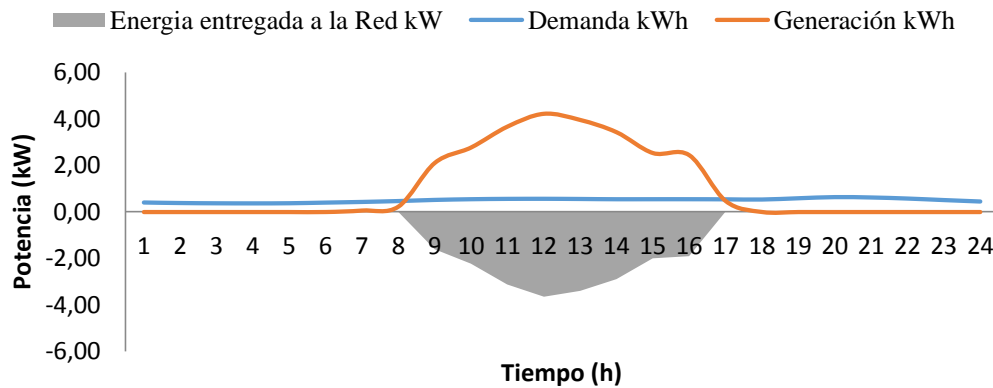


Figura 3.35 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Agosto

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 07h00 – 17h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: $(2,11-0,51) + (2,77-0,54) + (3,66-0,55) + (4,21-0,56) + (3,95-0,55) + (3,42-0,54) + (2,53-0,54) + (2,44-0,44)$

Energía entregada a la red de distribución: 20,77 kWh

Energía entregada mensualmente: 643,97 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): $(0,06 + 0,23 + 0,51 + 0,54 + 0,55 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,54 + 0,54 + 0,47)$

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,07 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 157,13 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 09h00 y las 16h00

- Fecha: 15 de Septiembre del 2012

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (15/09/2012)

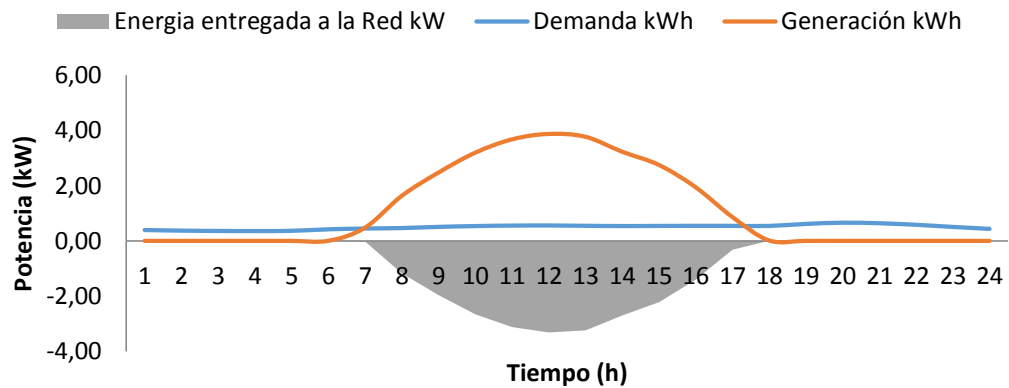


Figura 3.36 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Septiembre

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 07h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,48-0,44) + (1,63-0,46) + (2,47-0,50) + (3,19-0,53) + (3,68-0,55) + (3,87-0,55) + (3,77-0,54) + (3,23-0,53) + (2,75-0,54) + (1,94-0,54) + (0,86-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 22,15 kWh

Energía entregada mensualmente: 664,42 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,48 + 0,46 + 0,50 + 0,53 + 0,55 + 0,55 + 0,54 + 0,53 + 0,54 + 0,54 + 0,54 0,01)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,77 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 173,22 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 07h00 y las 17h00

- Fecha: 15 de Octubre del 2012

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (15/10/2012)

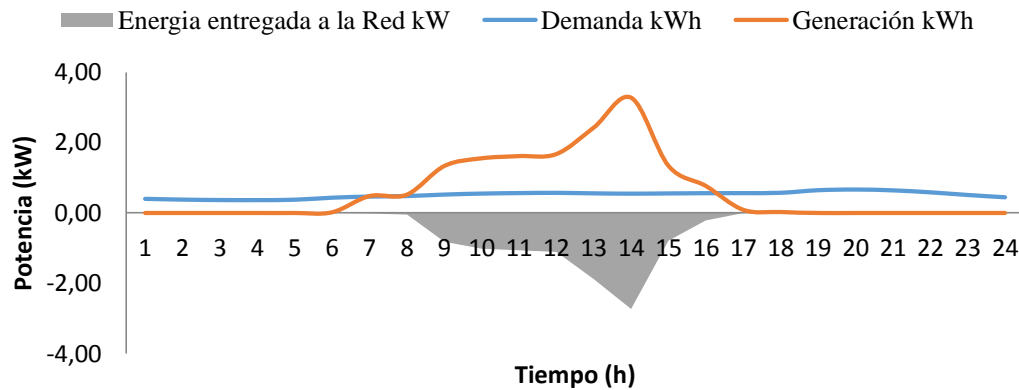


Figura 3.37 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica -Octubre

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: $(0,48-0,42) + (0,52-0,47) + (1,34-0,51) + (1,56-0,54) + (1,62-0,56) + (1,68-0,56) + (2,43-0,55) + (3,28-0,54) + (1,34-0,55) + (0,77-0,55)$

Energía entregada a la red de distribución: 9,70 kWh

Energía entregada mensualmente: 300,85 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 14h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): $(0,02 + 0,46 + 0,47 + 0,51 + 0,54 + 0,56 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,55 + 0,55 + 0,09 + 0,03)$

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,44 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 168,56 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 07h00 y las 16h00

- Fecha: 14 de Noviembre del 2012

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generacion fotovoltaica (14/11/2012)

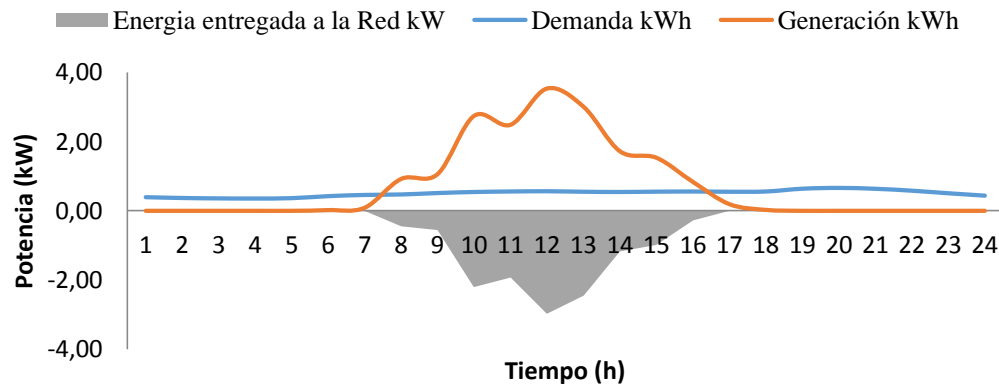


Figura 3.38 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Noviembre

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,92-0,47) + (1,06-0,51) + (2,74-0,54) + (2,48-0,55) + (3,53-0,56) + (3-0,55) + (1,72-0,54) + (1,53-0,55) + (0,83-0,55)

Energía entregada a la red de distribución: 12,98 kWh

Energía entregada mensualmente: 389,26 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,02 + 0,09 + 0,47 + 0,51 + 0,54 + 0,55 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,55 + 0,55 + 0,19 + 0,03)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,16 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 154,69 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 08h00 y las 16h00

- Fecha: 10 de Diciembre del 2012

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (10/12/2012)

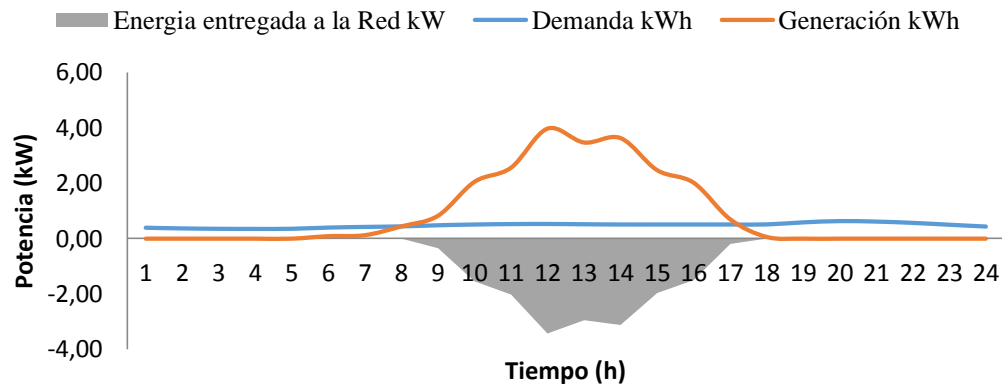


Figura 3.39 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Diciembre

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,82-0,48) + (2,05-0,51) + (2,55-0,52) + (3,96-0,53) + (3,46-0,52) + (3,62-0,51) + (2,46-0,51) + (2,01-0,51) + (0,70-0,51)

Energía entregada a la red de distribución: 17,05 kWh

Energía entregada mensualmente: 511,44 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,44 + 0,48 + 0,51 + 0,52 + 0,53 + 0,52 + 0,51 + 0,51 + 0,51 + 0,51 + 0,06)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,09 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 152,59 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 09h00 y las 17h00

- Fecha: 17 de Enero del 2013

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (17/01/2013)

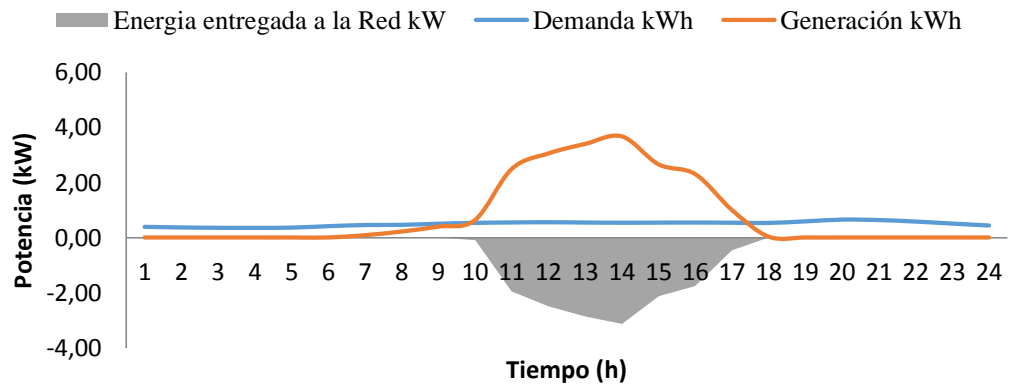


Figura 3.40 *Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Enero*
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,63-0,54) + (2,49-0,55) + (3,05-0,56) + (3,40-0,55) + (3,67-0,54) + (2,66-0,55) + (2,30-0,55) + (1-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 14,82 kWh

Energía entregada mensualmente: 459,45 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 14h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,08 + 0,22 + 0,40 + 0,54 + 0,55 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,55 + 0,55 + 0,54 + 0,03)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,11 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 158,49 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 10h00 y las 17h00

- Fecha: 16 de Febrero del 2013

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (16/02/2013)

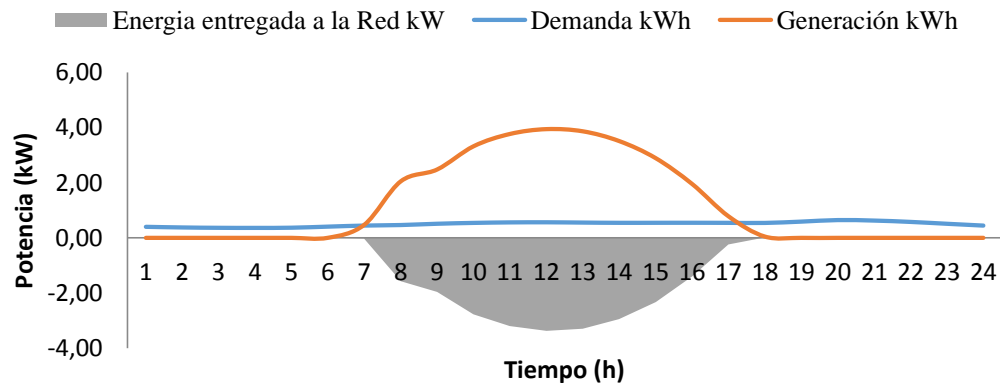


Figura 3.41 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica -Febrero
Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: (0,48-0,44) + (2,04-0,46) + (2,47-0,51) + (3,31-0,54) + (3,75-0,56) + (3,93-0,56) + (3,85-0,55) + (3,50-0,54) + (2,88-0,54) + (1,95-0,54) + (0,78-0,54)

Energía entregada a la red de distribución: 23,16 kWh

Energía entregada mensualmente: 648,49 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 12h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): (0,40 + 0,46 + 0,51 + 0,54 + 0,56 + 0,56 + 0,55 + 0,54 + 0,54 + 0,54 + 0,05)

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,78 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 161,94 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 07h00 y las 17h00

- Fecha: 16 de Marzo del 2013

Compatibilidad entre demanda eléctrica y generación fotovoltaica (16/03/2013)

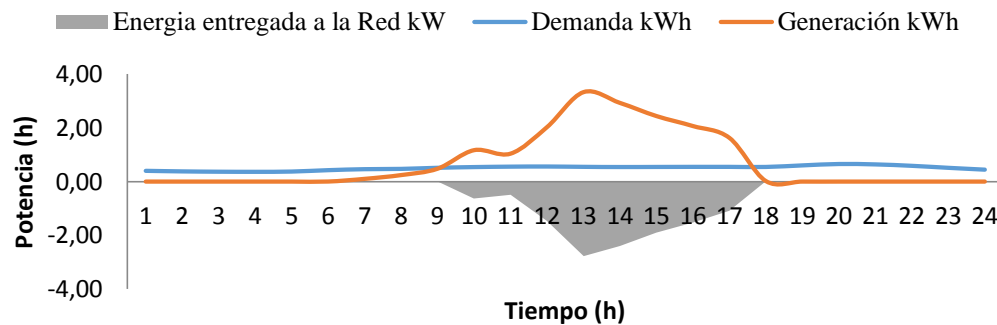


Figura 3.42 Compatibilidad entre la demanda eléctrica y la generación fotovoltaica-Marzo

Elaborado por: Edison López R. Juan Garzón L.

Horario de generación fotovoltaica: 06h00 – 18h00

Energía (kWh) entregada a la red de distribución: $(1,17-0,53) + (1,04-0,54) + (2,02-0,55) + (3,32-0,54) + (2,92-0,53) + (2,43-0,53) + (2,06-0,54) + (1,62-0,54)$

Energía entregada a la red de distribución: 12,28 kWh

Energía entregada mensualmente: 380,70 kWh

Hora de mayor generación fotovoltaica: 13h00

Ahorro de energía con generación fotovoltaica (kWh): $(0,10 + 0,24 + 0,48 + 0,53 + 0,54 + 0,55 + 0,54 + 0,53 + 0,53 + 0,54 + 0,02)$

Ahorro de energía con generación fotovoltaica: 5,13 kWh

Ahorro de energía con generación fotovoltaica mensualmente: 159,13 kWh

Se entrega excedentes de energía solar fotovoltaica entre las 10h00 y las 17h00

Los resultados de cada mes y el análisis económico serán detallados en el capítulo a continuación, donde se realiza el estudio referente a los indicadores económicos que permitan determinar si es viable o no desarrollar este tipo de instalaciones.

CAPÍTULO 4

FACTIBILIDAD DE RESULTADOS

Resumen

En función del análisis de excedentes de generación solar fotovoltaica realizados en el capítulo anterior, se identifica las posibilidades de venta y ahorro de energía eléctrica. En el presente capítulo se realiza un análisis de sensibilidad técnica y económica, que permita identificar la viabilidad de la implementación de este tipo de proyectos para el Distrito Metropolitano de Quito.

4.1 Resultados Técnicos

Con los datos de la tabla 1.1 del Capítulo 1 se puede realizar la descripción de los resultados técnicos correspondientes a la elección de la etapa de generación ocupada principalmente por sus módulos fotovoltaicos. Uno de los parámetros de análisis es la eficiencia de conversión energética, dando que claramente existe una diferencia sobre los porcentajes posibles de generación. Los módulos monocristalinos son de mayor rango de eficiencia.

Los módulos policristalinos son de costo menor que los monocristalinos pero no obtienen un nivel de sensibilidad eficiente para el aprovechamiento de la luz solar. Su estructura cristalina se diferencia en la ubicación de las caras, para un módulo monocristalino sus caras se encuentran en la misma dirección y sus granos de cristal son paralelos, muy distintos a los módulos policristalinas, estos estructuralmente tienen caras en direcciones diferentes y sus granos de cristal no se encuentran distribuidos de forma paralela.

Sus características y diferencias establecidas son de manera básica y crucial para la determinación de un panel solar fotovoltaico ya que las siguientes etapas serán dependientes de su calidad de generación, (inversores y sistemas de medición).

4.1.2 Resultados del sistema generación fotovoltaica

Mediante los antecedentes presentados, se permite realizar un resultado técnico del sistema de generación renovable solar fotovoltaica. Los datos reales de demanda de la Empresa Eléctrica Quito e información de la radiación solar provistos por el Instituto de Ciencia y Tecnología de la Escuela Politécnica del Ejército, permitan estimar porcentajes de excedentes y ahorros de energía eléctrica en el sector residencial para el Distrito Metropolitano de Quito.

Los resultados del análisis técnico de energía fotovoltaica permiten determinar un valor de ahorro y uno de excedente. En las siguientes tablas presentadas a continuación se muestra la evolución de las variables energéticas de interés:

ABRIL 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
A B R I L 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,36	0,00	0,36	0,00	
	3	0,35	0,00	0,35	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,41	0,08	0,32	0,00	0,08
	7	0,44	0,47	0,00	0,03	0,44
	8	0,46	0,54	0,00	0,08	0,46
	9	0,51	1,16	0,00	0,65	0,51
	10	0,54	1,26	0,00	0,73	0,54
	11	0,55	2,07	0,00	1,52	0,55
	12	0,55	2,22	0,00	1,66	0,55
	13	0,54	2,05	0,00	1,50	0,54
	14	0,53	2,14	0,00	1,60	0,53
	15	0,54	1,49	0,00	0,95	0,54
	16	0,54	0,64	0,00	0,10	0,54
	17	0,54	0,00	0,54	0,00	
	18	0,54	0,00	0,54	0,00	
	19	0,61	0,00	0,61	0,00	
	20	0,64	0,00	0,64	0,00	
	21	0,62	0,00	0,62	0,00	
	22	0,57	0,00	0,57	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		11,88	14,12	6,59	8,83	5,28
Kwh/mes		356,44	423,50	197,83	264,89	158,45

Tabla 4.1 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Abril.
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

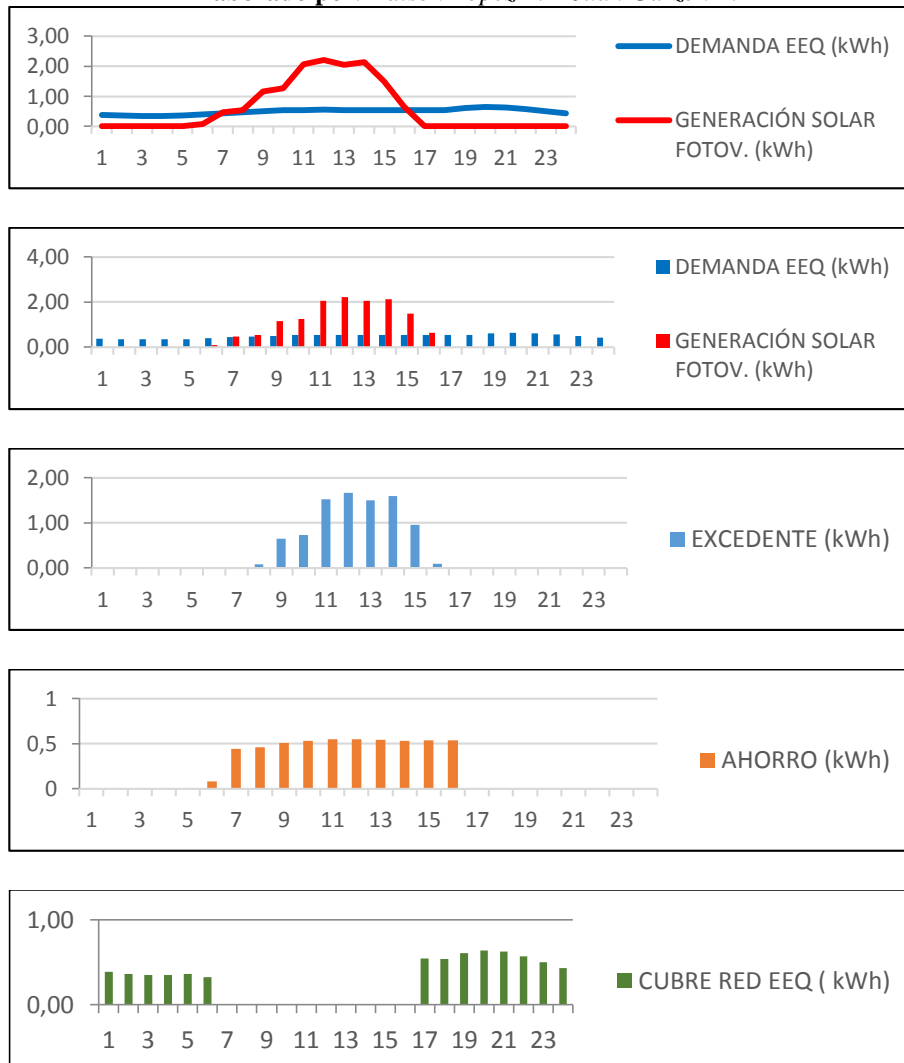


Figura 4.1 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Abril
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

MAYO 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
M A Y O 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,42	0,00	0,42	0,00	
	7	0,45	0,04	0,41	0,00	0,04
	8	0,47	0,09	0,37	0,00	0,09
	9	0,51	0,23	0,28	0,00	0,23
	10	0,54	0,94	0,00	0,40	0,54
	11	0,55	1,64	0,00	1,09	0,55
	12	0,56	1,96	0,00	1,40	0,56
	13	0,54	1,85	0,00	1,31	0,54
	14	0,53	3,29	0,00	2,75	0,53
	15	0,54	3,70	0,00	3,16	0,54
	16	0,54	3,29	0,00	2,75	0,54
	17	0,54	2,60	0,00	2,06	0,54
	18	0,54	1,16	0,00	0,62	0,54
	19	0,61	0,00	0,61	0,00	
	20	0,65	0,00	0,65	0,00	
	21	0,63	0,00	0,63	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		11,96	20,77	6,71	15,53	5,24
Kwh/mes		370,77	644,01	208,08	481,33	162,50

Tabla 4.2 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Mayo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

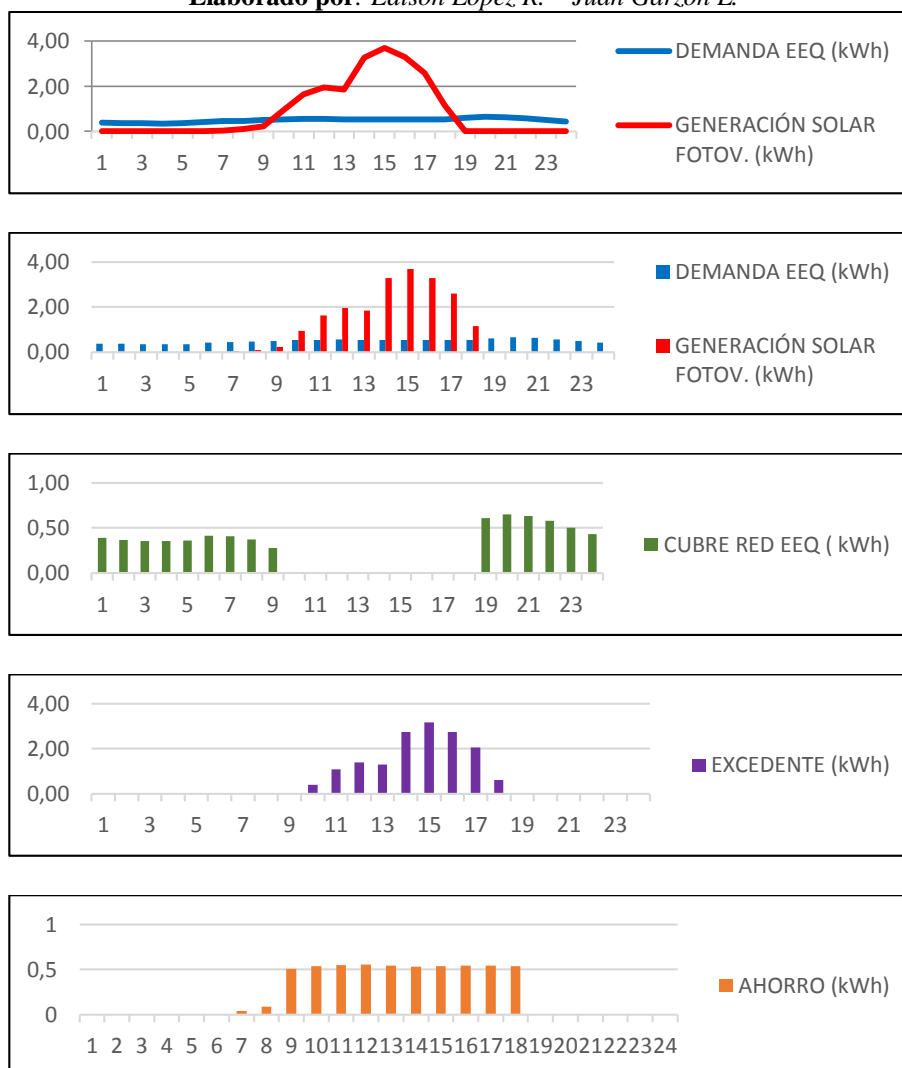


Figura 4.2 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Mayo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

JUNIO 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
J U N I O 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,36	0,00	0,36	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,41	0,01	0,40	0,00	0,01
	7	0,45	0,15	0,30	0,00	0,15
	8	0,47	0,35	0,12	0,00	0,35
	9	0,51	1,71	0,00	1,20	0,51
	10	0,54	2,01	0,00	1,46	0,54
	11	0,56	2,23	0,00	1,68	0,56
	12	0,56	2,81	0,00	2,24	0,56
	13	0,55	3,68	0,00	3,13	0,55
	14	0,54	3,60	0,00	3,05	0,54
	15	0,55	2,50	0,00	1,96	0,55
	16	0,55	1,66	0,00	1,12	0,55
	17	0,54	0,79	0,00	0,24	0,54
	18	0,54	0,04	0,50	0,00	0,04
	19	0,60	0,00	0,60	0,00	
	20	0,65	0,00	0,65	0,00	
	21	0,63	0,00	0,63	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		12,01	21,53	6,55	16,08	5,45
Kwh/mes		360,28	646,03	196,51	482,26	163,62

Tabla 4.3 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Junio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

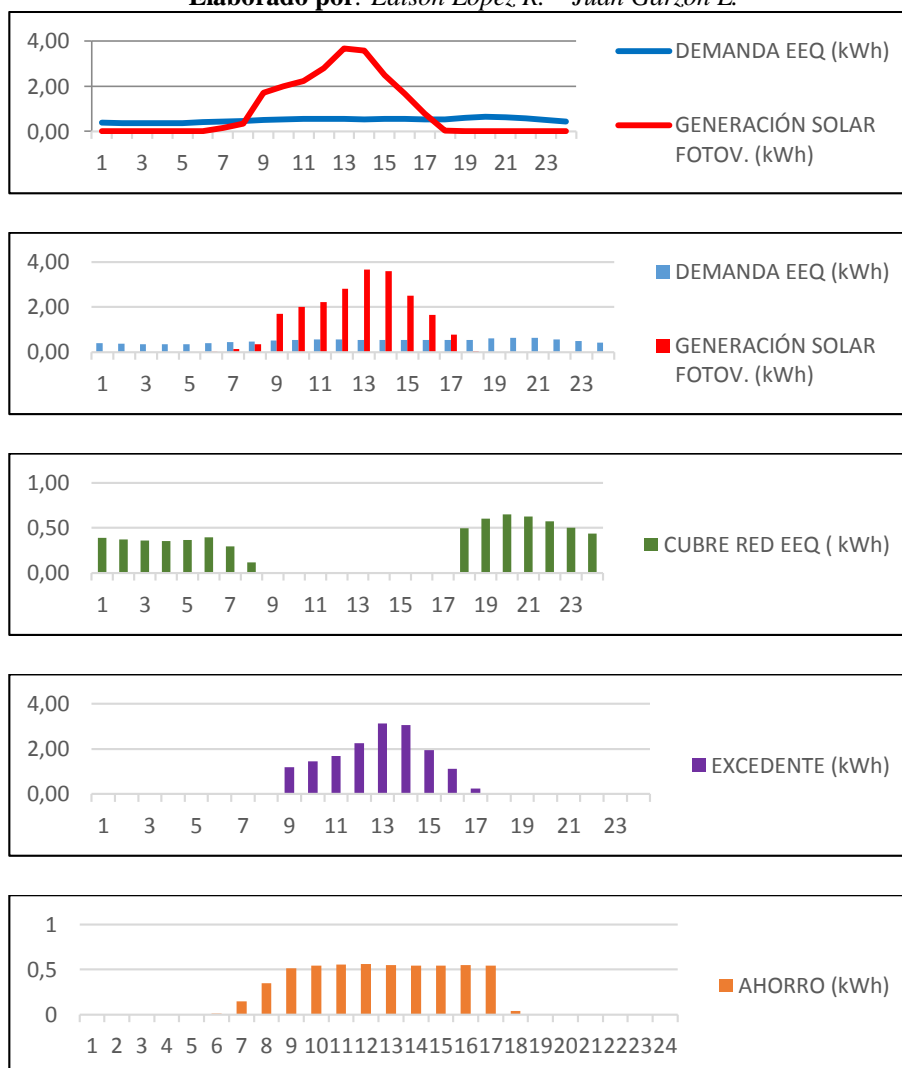


Figura 4.3 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Junio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

JULIO 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
J U L I O 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,39	0,02	0,37	0,00	0,02
	7	0,43	0,16	0,27	0,00	0,16
	8	0,47	0,44	0,03	0,00	0,44
	9	0,51	0,86	0,00	0,35	0,51
	10	0,54	1,47	0,00	0,93	0,54
	11	0,56	3,85	0,00	3,30	0,56
	12	0,56	3,76	0,00	3,20	0,56
	13	0,56	3,60	0,00	3,05	0,56
	14	0,54	3,17	0,00	2,62	0,54
	15	0,54	2,52	0,00	1,97	0,54
	16	0,54	1,68	0,00	1,13	0,54
	17	0,54	0,80	0,00	0,26	0,54
	18	0,53	0,04	0,49	0,00	0,04
	19	0,58	0,00	0,58	0,00	
	20	0,64	0,00	0,64	0,00	
	21	0,62	0,00	0,62	0,00	
	22	0,57	0,00	0,57	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		11,91	22,37	6,36	16,82	5,56
Kwh/mes		369,35	693,50	197,15	521,30	172,30

Tabla 4.4 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Julio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

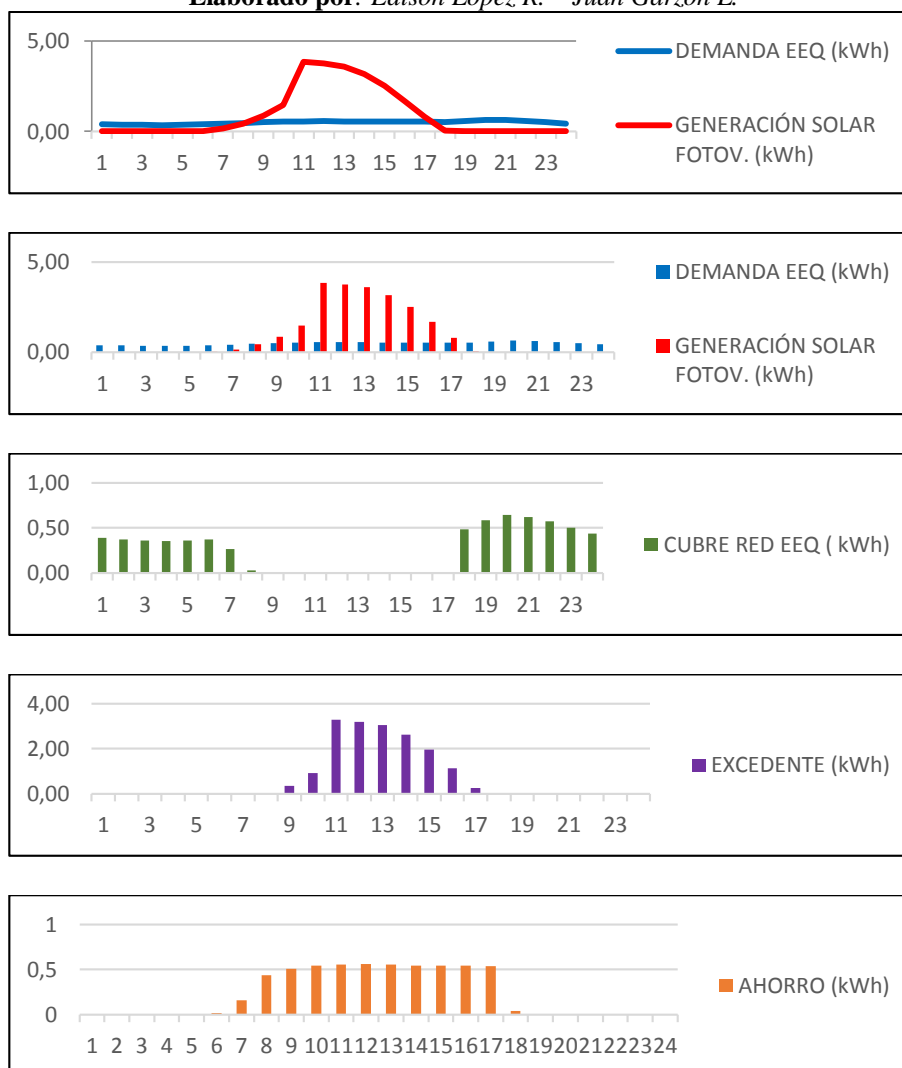


Figura 4.4 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Julio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

AGOSTO 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
A G O S T O 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,39	0,00	0,39	0,00	
	7	0,42	0,06	0,35	0,00	0,06
	8	0,46	0,23	0,22	0,00	0,23
	9	0,51	2,11	0,00	1,60	0,51
	10	0,54	2,77	0,00	2,23	0,54
	11	0,55	3,66	0,00	3,11	0,55
	12	0,56	4,21	0,00	3,66	0,56
	13	0,55	3,95	0,00	3,40	0,55
	14	0,54	3,42	0,00	2,89	0,54
	15	0,54	2,53	0,00	1,99	0,54
	16	0,54	2,44	0,00	1,90	0,54
	17	0,53	0,47	0,06	0,00	0,47
	18	0,52	0,00	0,52	0,00	
	19	0,58	0,00	0,58	0,00	
	20	0,63	0,00	0,63	0,00	
	21	0,61	0,00	0,61	0,00	
	22	0,57	0,00	0,57	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		11,77	25,85	6,69	20,77	5,07
Kwh/mes		364,91	801,37	207,51	643,97	157,13

Tabla 4.5 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Agosto
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

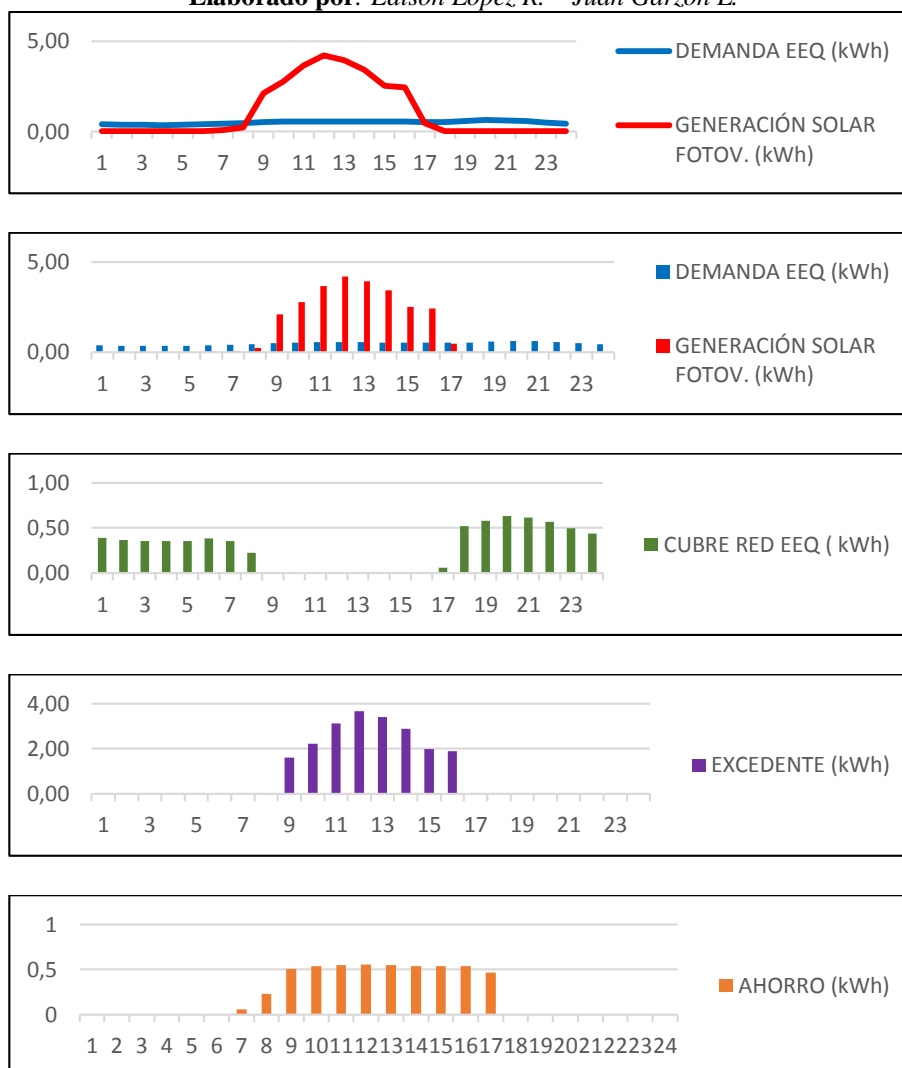


Figura 4.5 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Agosto
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

SEPTIEMBRE 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
S E P T I E M B R E 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,42	0,00	0,41	0,00	
	7	0,44	0,48	0,00	0,03	0,48
	8	0,46	1,63	0,00	1,17	0,46
	9	0,50	2,47	0,00	1,97	0,50
	10	0,53	3,19	0,00	2,66	0,53
	11	0,55	3,68	0,00	3,13	0,55
	12	0,55	3,87	0,00	3,32	0,55
	13	0,54	3,77	0,00	3,23	0,54
	14	0,53	3,23	0,00	2,70	0,53
	15	0,54	2,75	0,00	2,21	0,54
	16	0,54	1,94	0,00	1,40	0,54
	17	0,54	0,86	0,00	0,33	0,54
	18	0,54	0,01	0,52	0,00	0,01
	19	0,61	0,00	0,61	0,00	
	20	0,65	0,00	0,65	0,00	
	21	0,63	0,00	0,63	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		11,92	27,89	6,17	22,15	5,77
Kwh/mes		357,56	836,77	185,22	664,42	173,22

Tabla 4.6 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Septiembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

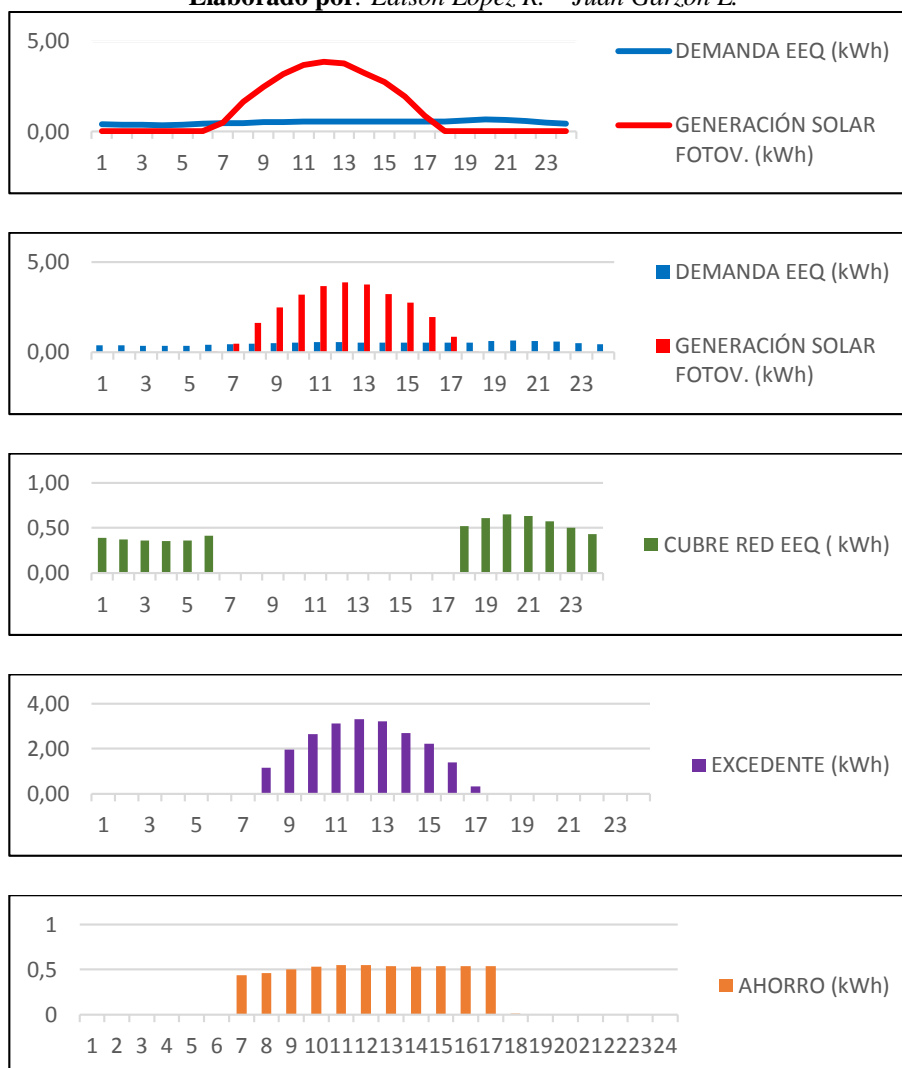


Figura 4.6 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Septiembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

OCTUBRE 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
O C T U B R E 2 0 1 2	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,36	0,00	0,36	0,00	
	5	0,37	0,00	0,37	0,00	
	6	0,43	0,02	0,41	0,00	0,02
	7	0,46	0,48	0,00	0,02	0,46
	8	0,47	0,52	0,00	0,05	0,47
	9	0,51	1,34	0,00	0,82	0,51
	10	0,54	1,56	0,00	1,01	0,54
	11	0,56	1,62	0,00	1,06	0,56
	12	0,56	1,68	0,00	1,11	0,56
	13	0,55	2,43	0,00	1,88	0,55
	14	0,54	3,28	0,00	2,74	0,54
	15	0,55	1,34	0,00	0,79	0,55
	16	0,55	0,77	0,00	0,21	0,55
	17	0,56	0,09	0,47	0,00	0,09
	18	0,57	0,03	0,54	0,00	0,03
	19	0,64	0,00	0,64	0,00	
	20	0,66	0,00	0,66	0,00	
	21	0,64	0,00	0,64	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		12,15	15,14	6,71	9,70	5,44
Kwh/mes		376,55	469,42	207,98	300,85	168,56

Tabla 4.7 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Octubre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

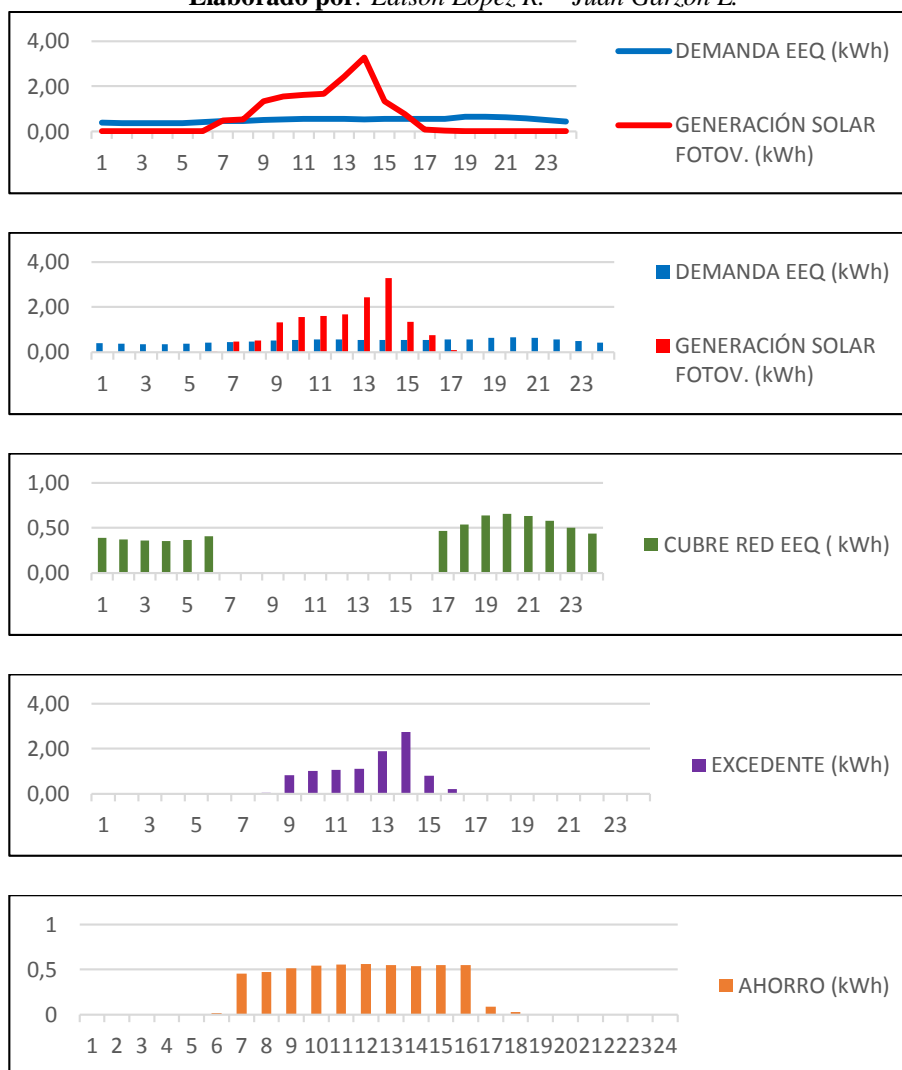


Figura 4.7 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Octubre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

NOVIEMBRE 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
N O V I E M B R E 2 0 1 2	1	0,40	0,00	0,40	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,36	0,00	0,36	0,00	
	5	0,37	0,00	0,37	0,00	
	6	0,42	0,02	0,40	0,00	0,02
	7	0,46	0,09	0,37	0,00	0,09
	8	0,47	0,92	0,00	0,45	0,47
	9	0,51	1,06	0,00	0,55	0,51
	10	0,54	2,74	0,00	2,20	0,54
	11	0,55	2,48	0,00	1,93	0,55
	12	0,56	3,53	0,00	2,97	0,56
	13	0,55	3,00	0,00	2,46	0,55
	14	0,54	1,72	0,00	1,17	0,54
	15	0,55	1,53	0,00	0,98	0,55
	16	0,55	0,83	0,00	0,28	0,55
	17	0,55	0,19	0,36	0,00	0,19
	18	0,55	0,03	0,53	0,00	0,03
	19	0,63	0,00	0,63	0,00	
	20	0,65	0,00	0,65	0,00	
	21	0,63	0,00	0,63	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		12,10	18,13	6,95	12,98	5,16
Kwh/mes		363,13	543,85	208,54	389,26	154,69

Tabla 4.8 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Noviembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

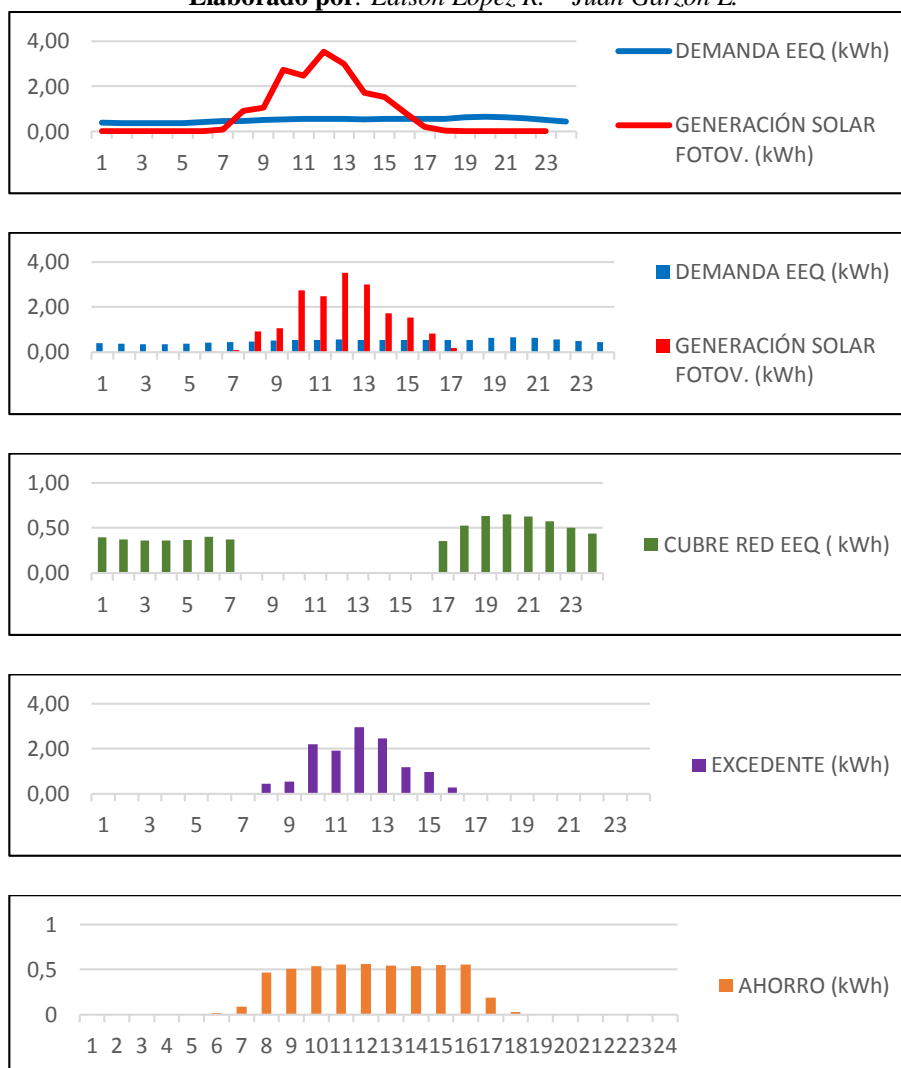


Figura 4.8 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Noviembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

DICIEMBRE 2012

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV.	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
D I C I E M B R E	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,36	0,00	0,36	0,00	
	3	0,35	0,00	0,35	0,00	
	4	0,34	0,00	0,34	0,00	
	5	0,35	0,00	0,35	0,00	
	6	0,39	0,09	0,31	0,00	
	7	0,42	0,12	0,29	0,00	
	8	0,44	0,44	0,00	0,00	0,44
	9	0,48	0,82	0,00	0,34	0,48
	10	0,51	2,05	0,00	1,54	0,51
	11	0,52	2,55	0,00	2,03	0,52
	12	0,53	3,96	0,00	3,43	0,53
	13	0,52	3,46	0,00	2,94	0,52
	14	0,51	3,62	0,00	3,11	0,51
	15	0,51	2,46	0,00	1,96	0,51
	16	0,51	2,01	0,00	1,50	0,51
	17	0,51	0,70	0,00	0,19	0,51
	18	0,51	0,06	0,45	0,00	0,06
	19	0,59	0,00	0,59	0,00	
	20	0,63	0,00	0,63	0,00	
	21	0,62	0,00	0,62	0,00	
	22	0,57	0,00	0,57	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		11,48	22,35	6,18	17,05	5,09
Kwh/mes		344,50	670,43	185,39	511,44	152,59

Tabla 4.9 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Diciembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

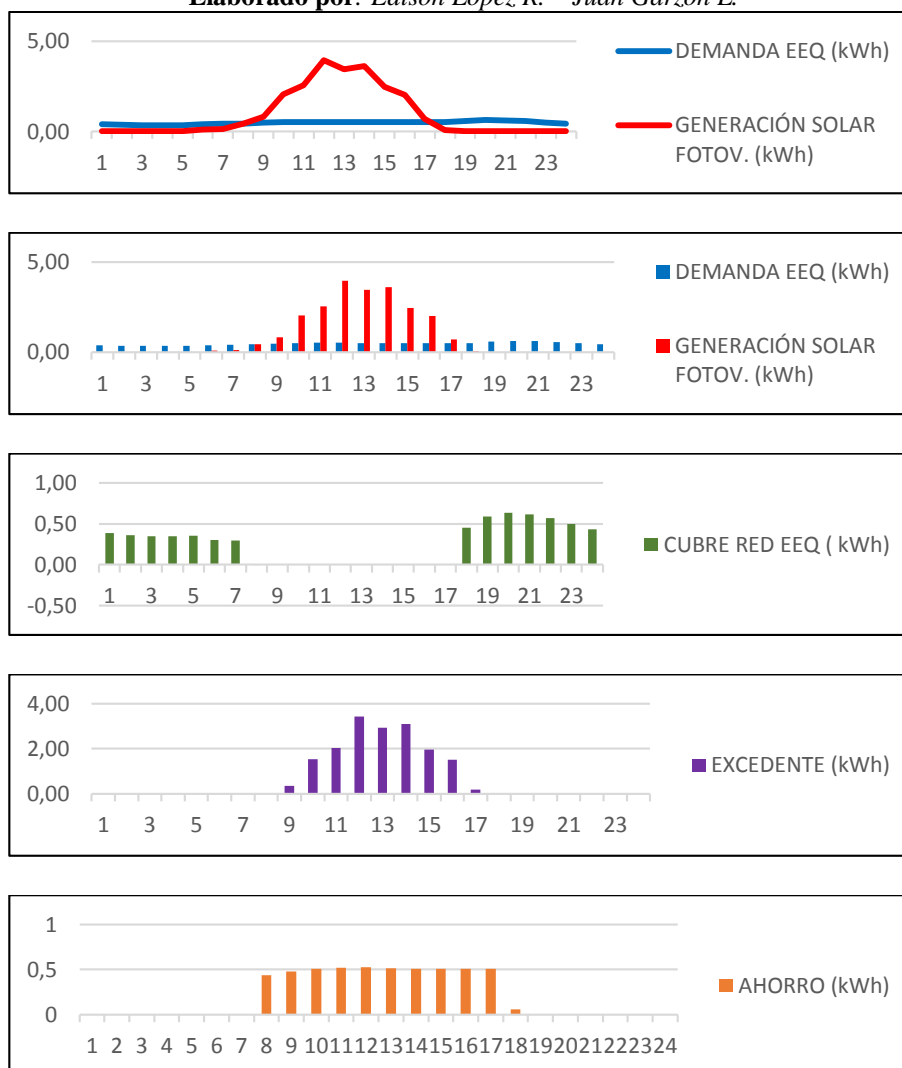


Figura 4.9 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Diciembre
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

ENERO 2013

	HORA	DEMANDA	GENERACIÓN	CUBRE RED	EXCEDENTE	AHORRO
		EEQ (kWh)	SOLAR FOTOV.	EEQ (kWh)	(kWh)	(kWh)
E N E R O 2 0 1 3	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,36	0,00	0,36	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,42	0,00	0,42	0,00	
	7	0,46	0,08	0,38	0,00	0,08
	8	0,47	0,22	0,25	0,00	0,22
	9	0,51	0,40	0,11	0,00	0,40
	10	0,54	0,63	0,00	0,10	0,54
	11	0,55	2,49	0,00	1,94	0,55
	12	0,56	3,05	0,00	2,49	0,56
	13	0,55	3,40	0,00	2,85	0,55
	14	0,54	3,67	0,00	3,13	0,54
	15	0,55	2,66	0,00	2,11	0,55
	16	0,55	2,30	0,00	1,75	0,55
	17	0,54	1,00	0,00	0,45	0,54
	18	0,54	0,03	0,51	0,00	0,03
	19	0,59	0,00	0,59	0,00	
	20	0,66	0,00	0,66	0,00	
	21	0,64	0,00	0,64	0,00	
	22	0,59	0,00	0,59	0,00	
	23	0,51	0,00	0,51	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		12,04	19,93	6,93	14,82	5,11
Kwh/mes		373,15	617,76	214,84	459,45	158,49

Tabla 4.10 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Enero
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

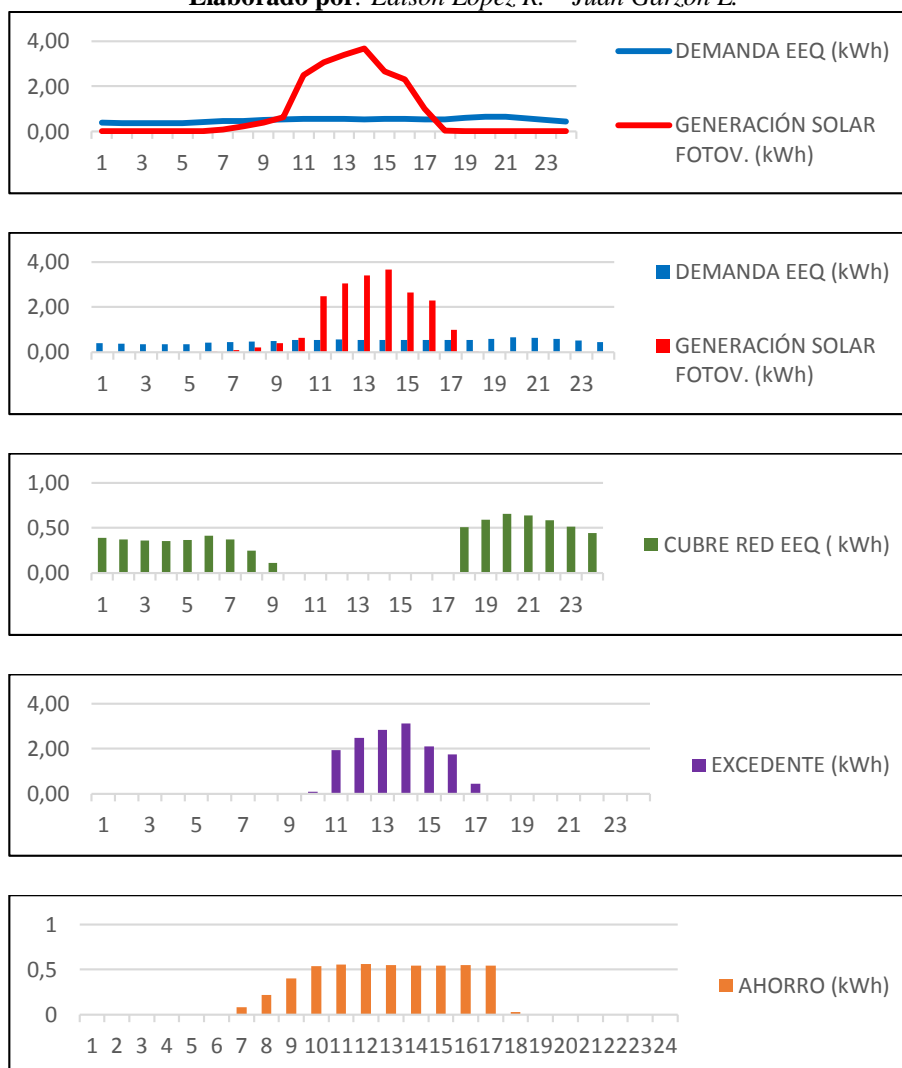


Figura 4.10 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Enero
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

FEBRERO 2013

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
F E B R E R O	1	0,40	0,00	0,40	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,36	0,00	0,36	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,40	0,00	0,40	0,00	
	7	0,44	0,48	0,00	0,03	0,40
	8	0,46	2,04	0,00	1,58	0,46
	9	0,51	2,47	0,00	1,96	0,51
	10	0,54	3,31	0,00	2,77	0,54
	11	0,56	3,75	0,00	3,20	0,56
	12	0,56	3,93	0,00	3,37	0,56
	13	0,55	3,85	0,00	3,30	0,55
	14	0,54	3,50	0,00	2,96	0,54
	15	0,54	2,88	0,00	2,34	0,54
	16	0,54	1,95	0,00	1,41	0,54
	17	0,54	0,78	0,00	0,24	0,54
	18	0,54	0,05	0,49	0,00	0,05
	19	0,58	0,00	0,58	0,00	
	20	0,64	0,00	0,64	0,00	
	21	0,62	0,00	0,62	0,00	
	22	0,57	0,00	0,57	0,00	
	23	0,51	0,00	0,51	0,00	
	24	0,44	0,00	0,44	0,00	
Total Kwh/día		11,93	28,98	6,11	23,16	5,78
Kwh/mes		334,11	811,56	171,04	648,49	161,94

Tabla 4.11 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Febrero
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

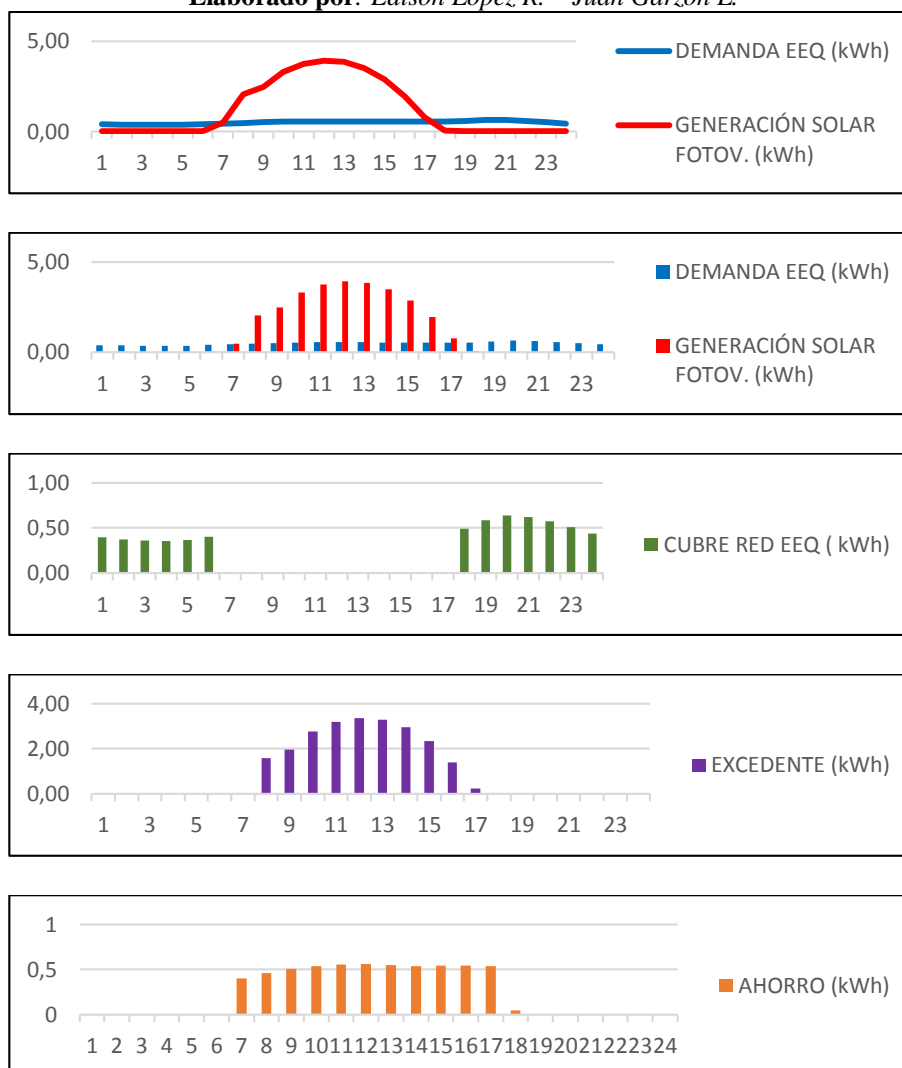


Figura 4.11 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Febrero
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

MARZO 2013

	HORA	DEMANDA EEQ (kWh)	GENERACIÓN SOLAR FOTOV. (kWh)	CUBRE RED EEQ (kWh)	EXCEDENTE (kWh)	AHORRO (kWh)
M A R Z O 2 0 1 3	1	0,39	0,00	0,39	0,00	
	2	0,37	0,00	0,37	0,00	
	3	0,36	0,00	0,36	0,00	
	4	0,35	0,00	0,35	0,00	
	5	0,36	0,00	0,36	0,00	
	6	0,41	0,00	0,41	0,00	
	7	0,45	0,10	0,35	0,00	0,10
	8	0,46	0,24	0,22	0,00	0,24
	9	0,50	0,48	0,02	0,00	0,48
	10	0,53	1,17	0,00	0,64	0,53
	11	0,54	1,04	0,00	0,49	0,54
	12	0,55	2,02	0,00	1,47	0,55
	13	0,54	3,32	0,00	2,78	0,54
	14	0,53	2,92	0,00	2,39	0,53
	15	0,53	2,43	0,00	1,90	0,53
	16	0,54	2,06	0,00	1,52	0,54
	17	0,54	1,62	0,00	1,09	0,54
	18	0,53	0,02	0,52	0,00	0,02
	19	0,59	0,00	0,59	0,00	
	20	0,64	0,00	0,64	0,00	
	21	0,63	0,00	0,63	0,00	
	22	0,58	0,00	0,58	0,00	
	23	0,50	0,00	0,50	0,00	
	24	0,43	0,00	0,43	0,00	
Total Kwh/día		11,84	17,41	6,71	12,28	5,13
Kwh/mes		367,11	539,86	207,95	380,70	159,13

Tabla 4.12 Estadísticas de excedentes de generación fotovoltaica para el mes de Marzo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

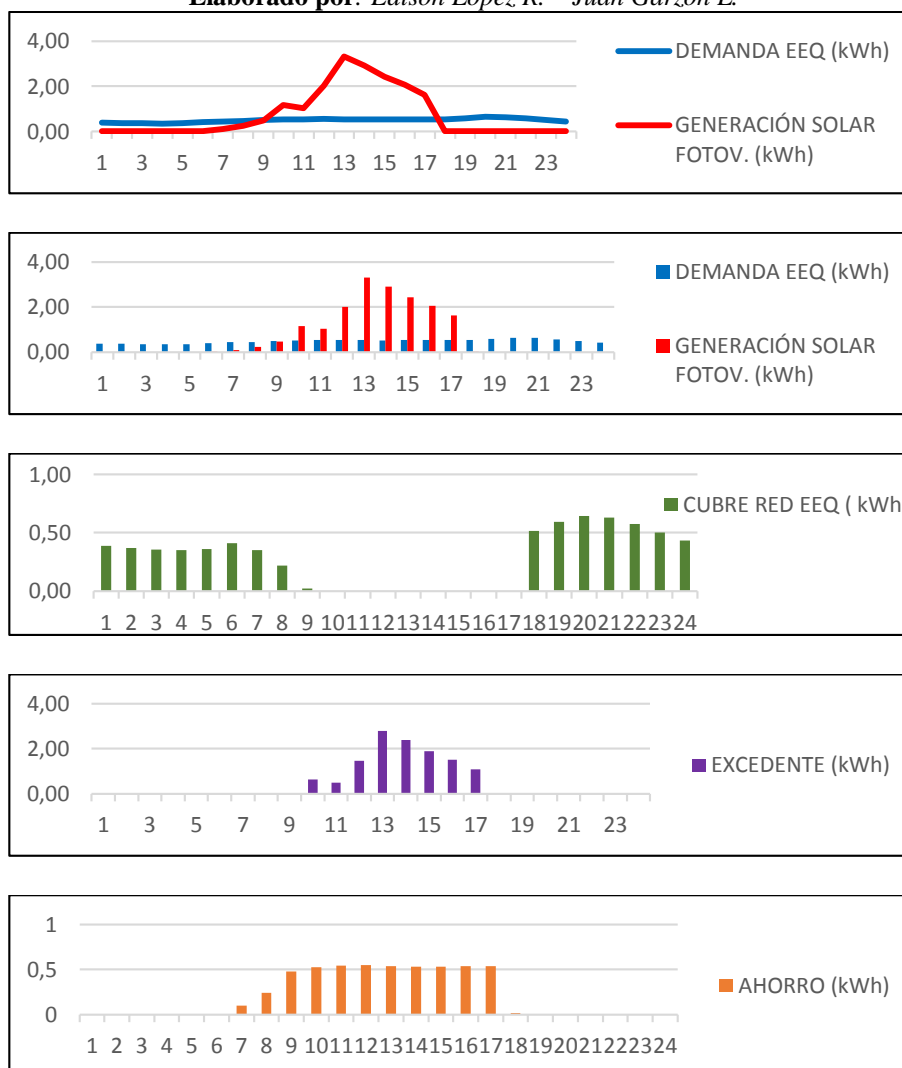


Figura 4.12 Análisis de excedentes de energía solar fotovoltaica para el mes de Marzo
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

En la siguiente tabla 4.13 presentada se refleja un promedio de demanda mensual obtenido gracias a los datos recopilados por la Empresa Eléctrica Quito (promedio global de demanda residencial, abonados reales de cada mes).

AÑO	MES	DEMANDA RESIDENCIAL PROMEDIO
2012	ABRIL	356,44
	MAYO	370,77
	JUNIO	360,28
	JULIO	369,35
	AGOSTO	364,91
	SEPTIEMBRE	357,56
	OCTUBRE	376,55
	NOVIEMBRE	363,13
	DICIEMBRE	344,50
2013	ENERO	373,15
	FEBRERO	334,11
	MARZO	367,11
	Total kWh	4.337,86

Tabla 4.13 Demanda residencial promedio análisis de estudio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Los datos recopilados por el Instituto de Investigación de la Escuela Politécnica del Ejército se realizar los cálculos de generación por medio de los paneles solares fotovoltaicos. El rendimiento mensual está expresado en la siguiente tabla 4.14 para referencia de análisis de generación y lograr comparar si existen excedentes de generación dentro de las horas pico y promedios mensuales.

AÑO	MES	GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
2012	ABRIL	423,50
	MAYO	644,01
	JUNIO	646,03
	JULIO	693,50
	AGOSTO	801,37
	SEPTIEMBRE	836,77
	OCTUBRE	469,42
	NOVIEMBRE	543,85
	DICIEMBRE	670,43
2013	ENERO	617,76
	FEBRERO	811,56
	MARZO	539,86
	Total kWh	7698,05

Tabla 4.14 Generación solar fotovoltaica promedio análisis de estudio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

La energía que será cubierta por la Empresa Eléctrica Quito será la que no sea abastecida dentro de las horas de generación solar fotovoltaica por el sistema es decir en la madrugada y la noche, debido a que el sistema no cuenta con un sistema de acumulación en la siguiente tabla 4.15 se muestra de forma mensual la energía cubierta por la red de distribución.

AÑO	MES	ENERGIA QUE CUBRIRIA LA RED E.E. QUITO
2012	ABRIL	197,83
	MAYO	208,08
	JUNIO	196,51
	JULIO	197,15
	AGOSTO	207,51
	SEPTIEMBRE	185,22
	OCTUBRE	207,98
	NOVIEMBRE	208,54
	DICIEMBRE	185,39
2013	ENERO	214,84
	FEBRERO	171,04
	MARZO	207,95
	Total kWh	2388,04

Tabla 4.15 Energía eléctrica que cubriría la red EEQ promedio
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Como se pudo ver en el capítulo tres, el excedente de energía eléctrica se entrega a la empresa distribuidora en horas donde la generación es mayor a la demanda, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.16 a continuación.

AÑO	MES	EXCEDENTE ENTREGADA A LA E.E. QUITO
2012	ABRIL	264,89
	MAYO	481,33
	JUNIO	482,26
	JULIO	521,30
	AGOSTO	643,97
	SEPTIEMBRE	664,42
	OCTUBRE	300,85
	NOVIEMBRE	389,26
	DICIEMBRE	511,44
2013	ENERO	459,45
	FEBRERO	648,49
	MARZO	380,70
	Total kWh	5748,36

Tabla 4.16 Excedente de energía entregada a la EEQ promedio análisis de estudio 2012 - 2013
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Al realizar todo el procedimiento de cotejamiento de energía dentro de la demanda de energía eléctrica y generación se determinan niveles ventas y ganancias de energía en un periodo de tiempo. Conjuntamente existe un rubro adicional que se denominará como ahorro de energía de suministro de la empresa distribuidora, en la siguiente tabla 4.17 que se muestra a continuación.

AÑO	MES	AHORRO DE ENERGIA QUE SUMINISTRABA E.E. QUITO
2012	ABRIL	158,45
	MAYO	170,77
	JUNIO	163,62
	JULIO	172,30
	AGOSTO	157,13
	SEPTIEMBRE	173,22
	OCTUBRE	168,56
	NOVIEMBRE	154,69
	DICIEMBRE	152,59
2013	ENERO	158,49
	FEBRERO	161,94
	MARZO	159,13
	Total Kwh	1950,89

Tabla 4.17 Ahorro de energía suministrada por la EEQ promedio análisis de estudio 2012 - 2013
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

4.2 Resultados de diseño de generación

4.2.1 Sensibilidad de resultados técnicos

Con base a los estudios y cálculos realizados en los anteriores capítulos, se aplicará un análisis de sensibilidades para contrastar resultados de generación solar fotovoltaica en el sistema.

Los resultados del diseño del generador solar fotovoltaico del modelo establecido para el presente estudio se obtuvieron mediante parámetros de entrada esenciales tales como; el área útil de la instalación, el módulo seleccionado para desarrollar el proyecto, el ángulo de inclinación, el tipo de inversor.

Técnicamente no es necesario un ángulo de inclinación mayor al escogido dentro del Distrito Metropolitano de Quito, debido a que la radiación solar choca casi perpendicularmente en el emplazamiento sobre la superficie del módulo, en el medio día. La distancia mínima entre los módulos se define en base a los parámetros

establecidos por el fabricante, con la finalidad de evitar sombras que afecten el rendimiento y considerando los posibles obstáculos que puede existir en el campo generador. Los precedentes mencionados se encuentran ligados a las especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado, por este motivo para una diferencia de diseños de generación se ha optado por tres diferentes módulos para ser analizados, como se puede ver en las siguientes tablas 4.18 a continuación:

Superficie (m²)	44,47		
Modulo Fotovoltaico			
Modelo	SM536-95	SM572-180	SM660-230
Potencia (W)	95	180	230
Vmp (V)	17.8	36	29.5
Imp (A)	5.33	5	7.8
Voc (V)	22.2	43,9	36.6
Icc (A)	5.79	5,3	8.42
TONC (□C)	45	45	45
dVoc/DT (%/°C)	0.35	0,34	0.34
Tecnología	Monocrystalino	Monocrystalino	Policristalino
Longitud (m)	1.2	1,58	1.64
Ancho (m)	0.54	0,808	0.992
Espesor (m)	0.035	0,045	0.04
Temperatura máx. y min. De operación			
Temperatura máxima de operación	62.9	62,91	62.9
Temperatura mínima de operación	6.2	6,22	6.2
Distancia entre paneles fotovoltaicos (m)	0.77	1,15	1,40
Espacio útil del emplazamiento			
Filas largo útil	11	8	8
Ancho útil	4	3	2
Numero de paneles	44	24	16
Calculo de voltaje de operación extremos			
Voltaje máx. de máxima potencia (V)	18.97	38,29	31,38
Voltaje min. De máxima potencia (V)	15.5	31,35	25,69
Voltaje máximo de circuito abierto (V)	23.65	46,70	38,93
Potencia nominal del inversor (W)	1850	1850	1850

Arreglo Fotovoltaico			
Numero de paneles en serie	11	6	7
Numero de paneles en paralelo	2	2	1
Numero de módulos por arreglo	22	12	7
Potencia del arreglo (kW)	2.09	2.16	1,61
Potencia al inversor (kW)	1.78	1.84	1,37
Voltaje de circuito abierto máximo (V)	260.15	280,21	272,55
Corriente de cortocircuito (A)	11.58	10,6	8,3
Numero de arreglos	2	2	2
Numero de inversores	2	2	2
Datos de la instalación			
Potencia (kW)	4.18	4,32	3.22
Numero de módulos	44	24	14
Angulo de inclinación (°)	10	10	10
Intensidad de cortocircuito (A)	23.16	21,2	16.84
Tensión en el punto de máxima potencia (V)	131.56	229,78	219.68
Protecciones			
I. Fusible (A)	6.7	6,36	10.1
I. seccionador (A)	13.9	12,72	10.1
I. máx. Magnetotérmico (A)	20.18	20,18	20.18
I. máx. Interruptor General (A)	75	50	50
I. Diferencial (mA)	30	30	30
Sección de conductores			
Interconexión de paneles fotovoltaicos (mm ²)	2.08	2,08	3.52
Interconexión entre paneles fotovoltaicos e inversor (mm ²)	22.68	19,29	15.73
Interconexión entre el inversor y la caja de conexión (mm ²)	6.98	6,98	6.98

Tabla 4.18 Sensibilidades de estudio de resultados técnicos de diseño de generación solar fotovoltaica

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

El costo varía dependiendo del tipo de módulo fotovoltaico y de la calidad de los equipos que se van a utilizar en el emplazamiento, el panel fotovoltaico de 95Wp es óptimo para el diseño de generación, por la potencia que produce en el campo generador y el costo en el mercado varia como se muestra en la siguiente tabla 4.19 a continuación.

Potencia (Wp)	Número de módulos	Potencia de Generación (Wp)	Precio Unitario (\$)	Precio total (\$)
95	44	4180	\$200.00	\$8,800.00
180	24	4320	\$450.00	\$10,800.00
230	14	3220	\$460.00	\$6,440.00

Tabla 4.19 Sensibilidades de precios paneles solares fotovoltaicos

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L

Para la evaluación de la energía a generarse a lo largo del año se cuenta con parámetros como:

$$E(kWh) = Pp \times Hg \times PR \times N \quad (4.1)$$

Donde:

“Pp (kWp): Potencia pico de la instalación

Hg: Radiación global media sobre el plano de la instalación

PR: Rendimiento energético de la instalación

N: Número de días mes.

Un análisis de sensibilidad como resultado de diseño de generación es su ángulo óptimo de inclinación para maximizar la concepción de energía eléctrica a través de los módulos fotovoltaicos instalados, mediante los datos de radiación solar mensual se logra un estimado de producción de energía, que varía dependiendo de la latitud y las condiciones climatológicas del sitio.

El campo generador consta de 44 módulos cada uno con una potencia de 95Wp, la energía solar fotovoltaica generada a lo largo del año con un ángulo de inclinación de 10°, 30° y 60° se puede diferenciar en la tabla 4.20 a continuación.

Mes	días del mes	Pp Instalación (Wp)	PR	Radiación ($\alpha=0^\circ$, $\beta=10^\circ$) [kWh/m ² -día]	Energía (kWh-mes) "10°"	Radiación ($\alpha=0^\circ$, $\beta=30^\circ$) [kWh/m ² -día]	Energía (kWh-mes) "30°"	Radiación ($\alpha=0^\circ$, $\beta=60^\circ$) [kWh/m ² -día]	Energía (kWh-mes) "60°"
Enero	31	4,18	0,9	3,39952292	396,4591623	3,36651785	392,610044	2,706416308	315,627683
Febrero	28	4,18	0,9	4,84846615	510,7180308	4,65644769	490,491574	3,456332308	364,07622
Marzo	31	4,18	0,9	2,85544938	333,0082181	2,53817723	296,007305	1,644046615	191,732004
Abril	30	4,18	0,9	2,65262924	299,3757356	2,18289281	246,361282	1,105262182	124,73989
Mayo	31	4,18	0,9	3,466575	404,2789097	2,646525	308,643039	0,96915	113,024211
Junio	30	4,18	0,9	3,2812812	370,3253962	2,4252948	273,718771	0,713322	80,5055209
Julio	31	4,18	0,9	3,44580023	401,8561145	2,59361308	302,472344	0,889238769	103,704804
Agosto	31	4,18	0,9	4,06743231	474,3520906	3,339576	389,468032	1,584157846	184,747656
Septiembre	30	4,18	0,9	4,57343446	516,1578133	4,06527508	458,806945	2,540796923	286,754341
Octubre	31	4,18	0,9	2,55811292	298,3322453	2,43271523	283,708116	1,780647231	207,662641
Noviembre	30	4,18	0,9	3,122568	352,4130245	3,09254331	349,024438	2,492049462	281,252702
Diciembre	31	4,18	0,9	3,849336	448,917263	3,88634885	453,233775	3,183104769	371,220044
					4806,194004		4244,54567		2625,04772

Tabla 4.20 Generación de energía eléctrica a distintos ángulos de inclinación de los módulos fotovoltaicos

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

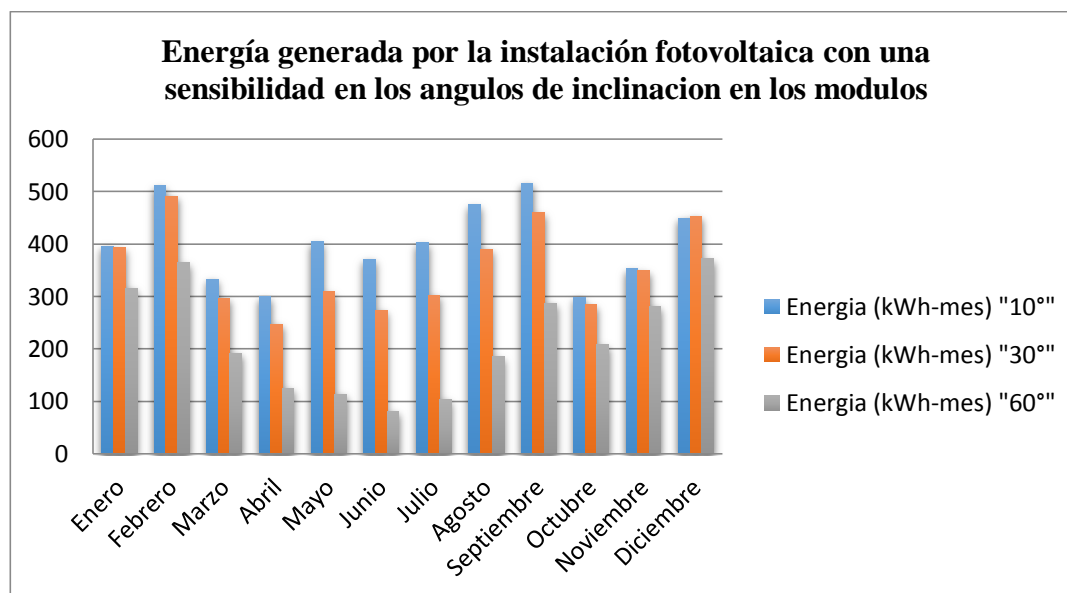


Figura 4.13 Generación de energía eléctrica a distintos ángulos de inclinación de los módulos fotovoltaicos.

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

4.3 Costo beneficio

A la fecha de elaboración de esta tesis de grado, la venta de excedentes de energía solar fotovoltaica de baja tensión actualmente no se encuentra un cien por ciento

regulada ni establecida en normativas de uso oficial, dentro del carácter de producción de energías alternativas. Por este motivo se ha visto indispensable basarse dentro de normas expuestas por países que ya cuentan con decretos, y reglamentos de venta de energía solar fotovoltaica para el análisis.

A continuación se tomará como referencia las normas de España para los productores de energías limpias para determinar ingresos económicos del proyecto. Es así que según *“El Real Decreto 2818/1998 del 23 de diciembre, permite a cualquier persona o sociedad vender la energía producida a través de la instalación solar fotovoltaica y obliga a las Compañías Eléctricas a comprarla”*⁵⁸. A favor de este Decreto 2818/1998, se puede realizar la exposición para obtener y comprobar una viabilidad económica de los ingresos de una instalación fotovoltaica de venta de energía producida por el generador solar, a las compañías distribuidoras.

Uno de los decretos que se puede utilizar como referencia de la venta y consumo de energía solar fotovoltaica es el Real Decreto 661/2007 del 25 de mayo y el Real decreto 578/2008 de 26 de septiembre, los cuales hablan sobre las condiciones técnicas y económicas de los ingresos por kWh de electricidad inyectada a la red.

En el Ecuador existe una regulación realizada por el Concejo Nacional de Electricidad CONELEC, para el establecimiento de los requisitos, precios, periodo de vigencia y forma de despacho para la energía eléctrica, entregada por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales.

Los generadores no convencionales deberán presentar al CONELEC para la autorización y calificación de documentación necesaria para la aprobación o deceso del sistema de generación energético para el país y la empresa distribuidora.

Los precios a reconocer por la regulación N° CONELEC – 004/11 por la energía medida en el punto de conexión y entrega serán expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh son aquellos indicados en la siguiente tabla 4.13 para sistemas fotovoltaicos menores a generación de 1 MW.

“Los generadores menores a 1 MW que se acojan a los precios preferentes de esta regulación no firmarán un contrato, sino que deberán obtener el registro, de conformidad con la regulación respectiva, adicionalmente a los requisitos

⁵⁸ UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Departamento de Tecnología Electrónica, Estudio Técnico - Económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de 5 kW, Esther Sanz, Leganés, Diciembre 2009, pp. 57

establecidos en esta se deberá verificar que la potencia del proyecto haga un uso óptimo del recurso. En dicho registro deberán constar los precios referentes y el plazo de conformidad con los numerales 6.1 y 6.2 de la presente regulación.

En este caso estos generadores deban entregar su energía a una empresa distribuidora, ésta se liquidará a los precios de la regulación y serán facturados a la respectiva empresa distribuidora.”⁵⁹

CENTRALES	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
<i>EÓLICAS</i>	<i>9.13</i>	<i>10.04</i>
<i>FOTOVOLTAICAS</i>	<i>40.03</i>	<i>44.03</i>
<i>SOLAR TERMOELÉCTRICA</i>	<i>31.02</i>	<i>34.12</i>
<i>CORRIENTES MARINAS</i>	<i>44.77</i>	<i>49.25</i>
<i>BIOMASA Y BIOGÁS < 5 MW</i>	<i>11.05</i>	<i>12.16</i>
<i>BIOMASA y BIOGÁS > 5 MW</i>	<i>9.60</i>	<i>10.56</i>
<i>GEOTÉRMICAS</i>	<i>13.21</i>	<i>14.53</i>

Figura 4.14 Precios referentes y el plazo de conformidad con los numerales 6.1 y 6.2 de la presente regulación

Fuente: [31] CONELEC, «Regulacion 004-11».

La generación de energía solar fotovoltaica y su venta de excedentes se demuestra en un inicio como rentable para el usuario, al tomar en cuenta del hecho de que la energía del sol es gratuita en todo el planeta. El único costo es su inversión inicial (componentes, instalación, mano de obra) y el mantenimiento.

El estudio de comodidad económico se lo realizara dentro de los veinte y cinco años iniciales de vida pues son los años en que será aprovechado su rendimiento al máximo por motivos de desgaste y vida útil. Sus porcentajes de rendimiento de operación se encuentran los diez primeros años en un 90% y los quince años restantes un porcentaje de 80 % en rendimientos de operación.

Se debe adicionar como datos de partida para el estudio económico que;

- El propietario de la instalación es un único dueño, para considerar cálculos de aprovechamientos e impuestos.
- Su presupuesto es la estimación del alcance de los elementos necesarios para la instalación del sistema solar fotovoltaico.

⁵⁹ CONELEC, «Regulacion 004-11» Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales

- Sus ingresos anuales por venta de electricidad serán el resultado de la energía generada inyectada a la red y ahorro con sus precios de venta de la misma.
- Sus pérdidas de energía serán avaladas por el rango de rendimientos de operación según sus años descritos por el fabricante. En nuestro caso de un 0.9% los diez primeros años, y el 0,8% los quince restantes.
- Gastos de explotación estas representados por todos los costos necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema, estos pueden ser mantenimiento y alquiler de terreno.

En resumen existen Ingresos vs Gastos para el de análisis económico de un sistema solar fotovoltaico.

4.3.1 Datos de partida

El costo inicial de inversión del proyecto está referenciado con los valores principales y pensados para satisfacer la necesidad de activos fijos de las instalaciones solares fotovoltaicas para residencias, como se muestra el resumen de los datos de partida a la hora de realizar el análisis financiero en la tabla 4.21 a continuación. Se debe aclarar que sus costos de partida podrán cambiar dependiendo del lugar y modificaciones al proyecto a implementar según las necesidades y requerimientos del usuario. La mano de obra también es dato de partida para calcular estimaciones de carácter económico dentro de las posibilidades de implementación e instalación de un sistema solar fotovoltaico.

ACTIVOS FIJOS			
Cant.	DETALLE	Precio \$	Total
	EQUIPOS		
44	Panel solar fotovoltaico Monocristalino 95Wp	\$200,00	\$ 8.800,00
2	Inversor, 220VAC/ 110VAC, 1850 W	\$1.390,00	\$ 2.780,00
44	Estructuras	\$15,00	\$ 660,00
44	Misceláneos estructura	\$10,00	\$ 440,00
2	Diodo de bloqueo SCHOTTKY 50V, 10A	\$4,99	\$ 9,98
44	Diodo de derivación	\$6,00	\$ 264,00
2	Fusible 10A	\$2,00	\$ 4,00
2	Interruptor seccionador fusible	\$300,00	\$ 600,00
2	Interruptor magnetotérmico 25A, 2 polos	\$22,91	\$ 45,82
2	Interruptor Diferencial 30mA	\$143,35	\$ 286,70
1	Fusible NH 80-100A	\$258,39	\$ 258,39
1	Conductor Cu THHN # 14 AWG, 100m	\$40,00	\$ 40,00
1	Conductor Cu THHN # 10 AWG, 100m	\$80,00	\$ 80,00
1	Conductor Cu THHN # 8 AWG, 100m	\$100,00	\$ 100,00
1	Conductor de Cu desnudo # 10	\$70,00	\$ 70,00
6	Tubería conduit rígido EMT 1/2", 3.20m	\$40,50	\$ 243,00
4	Tubería conduit rígido EMT 1", 3.20m	\$60,65	\$ 242,60
8	Conector para tubería conduit 1/2"	\$2,58	\$ 20,64
8	Conector para tubería conduit 1"	\$4,90	\$ 39,20
10	Misceláneos	\$20,00	\$ 200,00
	Sub Total 1	2.771,27	\$ 15.184,33
1	Asesoría Ing. Eléctrico	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
2	Técnico eléctrico Jr.	\$ 500,00	\$ 1.000,00
1	Maestro cerrajero	\$ 450,00	\$ 450,00
1	Gastos Empresa Distribuidora	\$ 100,00	\$ 100,00
1	Suministros de Oficina (Planos)	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Transporte y misceláneos	\$ 30,00	\$ 30,00
	Sub Total 2	\$ 2.130,00	\$ 2.630,00
	TOTAL ACTIVOS FIJOS		17.814,33

Tabla 4.21 Costos de inversión para una potencia instalada de 4.18 kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

El costo adicional internamente del sistema solar fotovoltaico es de mantenimiento, conocer y verificar los tiempos de vida útil de cada uno de los equipos de generación solar es primordial para amortizar y tener presente al momento de

cambiar o reparar algún dispositivo del sistema. Sus principales elementos están constituidos en los paneles solares, inversores, conductores, protecciones en la siguiente tabla 4. 22 se expresa en años y porcentajes la vida útil de cada uno de los antes mencionados.

Mantenimiento sistema solar fotovoltaico	Tiempo vida útil	Garantía Rendimiento 5 años	Garantía Rendimiento 10 años	Garantía Rendimiento 25 años
Mantenimiento preventivo	1 vez/cada 2 años			
Panel solar 95Wp	25 años		90,00%	80,00%
Inversores monofásicos	10 años	93,00%		
Conductores y canaletas	20 años		90,00%	
Conductores recubiertos AC	20 años		90,00%	
Protecciones	10 años	95,00%	85,00%	

Tabla 4.22 Estadística de vida útil de los elementos del sistema solar fotovoltaico
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

4.3.2 Estadística de precios de venta y compra de energía eléctrica

En la tabla 2. 21 del capítulo 2 se identifica el precio de la energía eléctrica, más cargos adicionales de comercialización, impuestos, y subsidios que intervienen en la facturación de la energía eléctrica.

Al analizar los precios de facturación de energía eléctrica entregada por la Empresa Eléctrica Quito se determina un promedio de costo de venta de 12 centavos de dólar como se muestra en la tabla 2.28 del Capítulo 2.

Se debe aclarar que para el análisis económico se tomará un promedio de demanda tipo residencial no variable dentro de los años de estimación económica. El promedio de utilización de los artefactos eléctricos por la población está en un rango superior a los diez años de vida útil, en el Anexo M se presenta el modelo de encuesta realizada para la sustentación de dicha información.

Pago total por demanda de energía eléctrica de un usuario tipo residencial sin generación de energía solar fotovoltaica como se muestra en la tabla 4.25 a continuación.

Mes	DEMANDA EEQ (kWh)	Pago \$ por demanda de energía
Enero	373,15	\$ 44,78
Febrero	334,11	\$ 40,09
Marzo	367,11	\$ 44,05
Abril	356,44	\$ 42,77
Mayo	370,77	\$ 44,49
Junio	360,28	\$ 43,23
Julio	369,35	\$ 44,32
Agosto	364,91	\$ 43,79
Septiembre	357,56	\$ 42,91
Octubre	376,55	\$ 45,19
Noviembre	363,13	\$ 43,58
Diciembre	344,50	\$ 41,34
		\$ 520,54

Tabla 4.23 *Pago anual de energía total de demanda por un usuario tipo residencial*
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Para el análisis de ahorro de energía eléctrica se tomará como dato los 12 centavos promedio como referencia monetaria para entender y controlar la energía que es suministrada por la empresa distribuidora y su ahorro por consumo de energía solar fotovoltaica en los diferentes periodos de tiempo de generación.

En el Territorio Nacional se encuentra estipulado un precio de venta de energía renovable solar fotovoltaica de \$40 centavos de dólar para beneficio del generador, dentro de los análisis económicos y viabilidad del sistema. La valoración económica de la generación solar fotovoltaica para el presente estudio considera los precios actuales para todo el periodo de estudio y los niveles de radiación solar conocidos.

Previo a la ejecución de un sistema solar fotovoltaico es importante analizar las inversiones y ganancias del proyecto con el fin de demostrar su viabilidad. Como primer paso del análisis económico se deben identificar las inversiones iniciales. Gracias a los datos obtenidos del resultado técnico del subcapítulo 4.1 se podrá reconocer los niveles de generación y demanda dentro de un periodo de tiempo para verificar ingresos parciales o netos si el caso atribuyera, de igual manera egresos que serán cubiertos por el usuario por energía suministrada por la empresa distribuidora en horas no funcionales del sistema.

En la siguiente tabla 4.26 continuación se muestra los cálculos de presupuesto de:

- Tiempo de la inversión a realizar

Se define como tiempo de inversión al periodo de análisis de recuperación económica para la implantación de un sistema solar fotovoltaico.

- Ingresos y egresos del proyecto

Ingresos: Son los valores monetarios de ganancia tales como;

Ahorro de energía eléctrica del consumidor a la Empresa Distribuidora.

Ingresos por venta de energía solar fotovoltaica a la Empresa Distribuidora.

(Excedentes de energía solar fotovoltaicos entregados a la Empresa Distribuidora bajo los parámetros iniciales de venta de energía solar a \$40 centavos de dólar)

Egresos: Son los valores monetarios de gastos tales como;

Mantenimiento costo mensual y acumulado para el sistema solar fotovoltaico.

Años	Ahorro \$	Venta de excedentes de energía	Total de ingresos	Costo O&M	Pago a la red	Total de egresos	Flujo de caja
0							-\$17.814,33
1	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
2	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
3	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
4	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
5	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
6	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
7	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
8	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
9	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
10	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
11	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
12	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
13	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
14	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
15	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
16	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
17	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
18	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
19	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92
20	\$ 234,14	\$2.299,34	\$2.533,49	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$2.186,92

Tabla 4.24 Evolución económica de ingresos y egresos del proyecto de 4.18 kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

- Flujo de caja

Es un informe económico que indica los flujos de entrada y salida de dinero, en un determinado periodo de tiempo.

4.3.3 TIR, VAN, y Relación Costo / Beneficio

VAN

Es el valor presente de un numero de flujos de caja en años futuros, originados por la inversión, consiste en actualizar los ingresos futuros a la fecha actual disminuyendo el monto mediante una tasa de interés, a este valor le descontamos la inversión inicial. Gracias a la formula a continuación presenta se puede realizar el cálculo del valor actual neto. [47]

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - Io \quad (4.2)$$

Donde:

Vt = Flujo de caja en años futuros determinados

Io = Inversión inicial

n = Número de años considerados

k = tasa de interés o descuento

Como resultados favorables del proyecto se debe tomar en cuenta el criterio de las siguientes especificaciones para análisis del Valor Actual Neto.

- Si $VAN > 0$ \longrightarrow Proyecto Favorable
- Si $VAN < 0$ \longrightarrow Proyecto no Favorable

Si el Valor Actual Neto fuese cero, el parámetro k pasa a llamarse Tasa interna de Retorno.

TIR

La Tasa Interna Reposo es la rentabilidad que nos proporciona el proyecto.

El TIR se define mediante la siguiente formula a continuación.

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (4.3)$$

Donde:

Fn = Flujo de fondos

i = periodo

n = vida útil del proyecto

Es la tasa de descuento requerida para que el Valor Actual Neto sea cero.

La tasa aplicable es del 8,17% en el Banco Central del Ecuador, los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 4.27

Relación Costo/Beneficio

Es el resultado de la división entre la sumatoria total de los costos y la sumatoria de los ingresos generados a una misma tasa de descuento, indicando la rentabilidad que tiene el proyecto. [47]

Si el resultado es menor a 1 significa que los ingresos son mayores a los egresos y que es rentable realizar el proyecto.

Tasa de interés anual	8,17%
-----------------------	-------

Años	Flujo de caja	Suma de los flujos de caja	Saldo
0	-\$ 17.814,33		
1	\$ 2.186,92	\$ 2.021,74	-\$ 15.792,59
2	\$ 2.186,92	\$ 3.890,79	-\$ 13.923,54
3	\$ 2.186,92	\$ 5.618,66	-\$ 12.195,67
4	\$ 2.186,92	\$ 7.216,04	-\$ 10.598,29
5	\$ 2.186,92	\$ 8.692,76	-\$ 9.121,57
6	\$ 2.186,92	\$ 10.057,95	-\$ 7.756,38
7	\$ 2.186,92	\$ 11.320,02	-\$ 6.494,31
8	\$ 2.186,92	\$ 12.486,77	-\$ 5.327,56
9	\$ 2.186,92	\$ 13.565,40	-\$ 4.248,93
10	\$ 2.186,92	\$ 14.562,56	-\$ 3.251,77
11	\$ 2.186,92	\$ 15.484,41	-\$ 2.329,92
12	\$ 2.186,92	\$ 16.336,62	-\$ 1.477,71
13	\$ 2.186,92	\$ 17.124,48	-\$ 689,85
14	\$ 2.186,92	\$ 17.852,82	\$ 38,49
15	\$ 2.186,92	\$ 18.526,16	\$ 711,83
16	\$ 2.186,92	\$ 19.148,63	\$ 1.334,30
17	\$ 2.186,92	\$ 19.724,10	\$ 1.909,77
18	\$ 2.186,92	\$ 20.256,09	\$ 2.441,76
19	\$ 2.186,92	\$ 20.747,91	\$ 2.933,58
20	\$ 2.186,92	\$ 21.202,58	\$ 3.388,25

VAN	3.132,34
TIR	10,66%
Relación Costo/Beneficio	0,840

Tabla 4.25 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 4.18 kW

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Como se puede visualizar el valor neto efectivo al cabo de 20 años es \$2.573,85 dólares, la recuperación de la inversión se logra en un tiempo de 15 años, menor al tiempo de vida útil de la instalación solar fotovoltaica.

En la figura 4.15 se observa el saldo neto del flujo de caja en relación al tiempo de operación de la instalación, al inicio se tiene un valor de saldo negativo debido al alto costo de la inversión, pero mediante los ingresos generados en un futuro este saldo se volverá positivo.

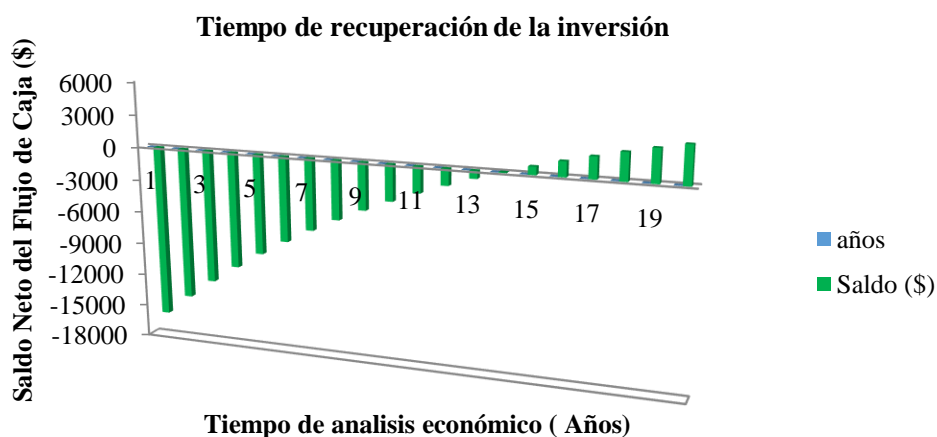


Figura 4.15 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 4.18kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Análisis de sensibilidad Caso 1.

Para el siguiente análisis económico se realiza un cambio de sensibilidad de generación de 24 paneles con una potencia de 180 Wp cada uno, dando un resultado de potencia máxima instalada de 4.32 kW.

Los ingresos (venta de excedentes de energía fotovoltaica, ahorro) y egresos (Pago por energía, mantenimiento), generados cambian su valor debido a la variación de la potencia instalada.

La inversión inicial se puede visualizar en la tabla 4.28

ACTIVOS FIJOS			
Cant.	DETALLE	Precio \$	Total
	EQUIPOS		
24	Panel solar fotovoltaico Monocristalino 180Wp	\$450,00	\$ 10.800,00
2	Inversor, 220VAC/ 110VAC, 1850 W	\$1.390,00	\$ 2.780,00
24	Estructuras	\$15,00	\$ 360,00
24	Misceláneos estructura	\$10,00	\$ 240,00
2	Diodo de bloqueo SCHOTTKY 50V, 10A	\$4,99	\$ 9,98
24	Diodo de derivación	\$6,00	\$ 144,00
2	Fusible 10A	\$2,00	\$ 4,00
2	Interruptor seccionador fusible	\$300,00	\$ 600,00
2	Interruptor magnetotérmico 25A, 2 polos	\$22,91	\$ 45,82
2	Interruptor Diferencial 30mA	\$143,35	\$ 286,70
1	Fusible NH 80-100A	\$258,39	\$ 258,39
1	Conductor Cu THHN # 14 AWG, 100m	\$40,00	\$ 40,00
1	Conductor Cu THHN # 12 AWG, 100m	\$60,00	\$ 60,00
1	Conductor Cu THHN # 8 AWG, 100m	\$100,00	\$ 100,00
1	Conductor de Cu desnudo # 10	\$70,00	\$ 70,00
6	Tubería conduit rígido EMT 1/2", 3.20m	\$40,50	\$ 243,00
4	Tubería conduit rígido EMT 1", 3.20m	\$60,65	\$ 242,60
8	Conector para tubería conduit 1/2"	\$2,58	\$ 20,64
8	Conector para tubería conduit 1"	\$4,90	\$ 39,20
10	Misceláneos	\$20,00	\$ 200,00
	Sub Total 1	3.001,27	\$ 16.544,33
1	Asesoría Ing. Eléctrico	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
2	Técnico eléctrico Jr.	\$ 500,00	\$ 1.000,00
1	Maestro cerrajero	\$ 450,00	\$ 450,00
1	Gastos Empresa distribuidora	\$ 100,00	\$ 100,00
1	Suministros de Oficina (Planos)	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Transporte y misceláneos	\$ 30,00	\$ 30,00
	Sub Total 2	\$ 2.130,00	\$ 2.630,00
	TOTAL ACTIVOS FIJOS		19.174,33

Tabla 4.26 Costos de inversión potencia instalada de 4.32 kW.

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L

Años	Ahorro \$	Venta de excedentes de energía	Total de Ingresos	Costo O&M	Pago a la red	Total de Egresos	Flujo de caja
0							-\$19,174.33
1	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
2	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
3	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
4	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
5	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
6	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
7	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
8	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
9	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
10	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
11	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
12	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
13	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
14	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
15	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
16	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
17	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
18	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
19	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98
20	\$ 234.70	\$2,399.49	\$2,634.19	\$ 60.00	\$ 286.21	\$346.21	\$2,287.98

Tabla 4.27 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto de potencia de 4.32 kW

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Tasa de interés anual	8.17%
------------------------------	--------------

Años	Flujo de caja	Suma de los flujos de caja	Saldo
0	-\$ 19,174.33		
1	\$ 2,287.98	\$ 2,115.17	-\$ 17,059.16
2	\$ 2,287.98	\$ 4,070.58	-\$ 15,103.75
3	\$ 2,287.98	\$ 5,878.31	-\$ 13,296.02
4	\$ 2,287.98	\$ 7,549.49	-\$ 11,624.84
5	\$ 2,287.98	\$ 9,094.46	-\$ 10,079.87
6	\$ 2,287.98	\$ 10,522.73	-\$ 8,651.60
7	\$ 2,287.98	\$ 11,843.13	-\$ 7,331.20
8	\$ 2,287.98	\$ 13,063.80	-\$ 6,110.53
9	\$ 2,287.98	\$ 14,192.27	-\$ 4,982.06
10	\$ 2,287.98	\$ 15,235.51	-\$ 3,938.82
11	\$ 2,287.98	\$ 16,199.95	-\$ 2,974.38
12	\$ 2,287.98	\$ 17,091.55	-\$ 2,082.78
13	\$ 2,287.98	\$ 17,915.81	-\$ 1,258.52
14	\$ 2,287.98	\$ 18,677.81	-\$ 496.52
15	\$ 2,287.98	\$ 19,382.26	\$ 207.93
16	\$ 2,287.98	\$ 20,033.51	\$ 859.18
17	\$ 2,287.98	\$ 20,635.56	\$ 1,461.23
18	\$ 2,287.98	\$ 21,192.14	\$ 2,017.81
19	\$ 2,287.98	\$ 21,706.69	\$ 2,532.36
20	\$ 2,287.98	\$ 22,182.37	\$ 3,008.04

VAN	2,780.84
TIR	10.23%
Relación Costo/Beneficio	0.864

Tabla 4.28 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 4,32kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Al final del proyecto el valor de flujo neto es \$3,008.04 dólares y el tiempo de recuperación de la inversión se da a los 15 años dentro de la vida útil del proyecto.

En la figura 4.16 se puede visualizar una estadística relativamente creciente a lo largo de la etapa de vida útil de la instalación.

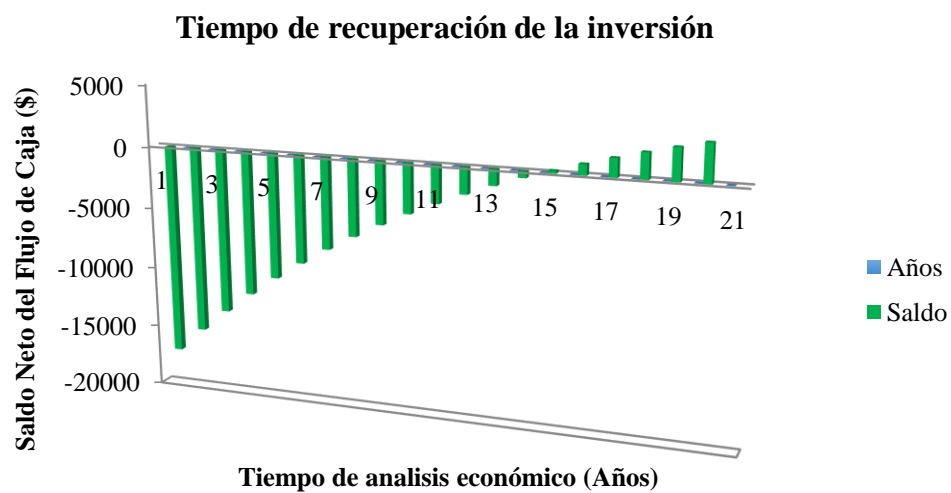


Figura 4.16 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 4.32kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Análisis de sensibilidad Caso 2.

Número de paneles solares fotovoltaicos. 14 unidades

Potencia cada panel solar fotovoltaico. 230 Wp

Potencia Instalada Total. 3.22 kWp

ACTIVOS FIJOS			
Cant.	DETALLE	Precio \$	Total
	EQUIPOS		
14	Panel solar fotovoltaico Monocristalino 230Wp	\$460,00	\$ 6.440,00
2	Inversor, 220VAC/ 110VAC, 1850 W	\$1.390,00	\$ 2.780,00
14	Estructuras	\$15,00	\$ 210,00
14	Misceláneos estructura	\$10,00	\$ 140,00
2	Diodo de bloqueo SCHOTTKY 50V, 10A	\$4,99	\$ 9,98
14	Diodo de derivación	\$6,00	\$ 84,00
2	Fusible 10A	\$2,00	\$ 4,00
2	Interruptor seccionador fusible	\$300,00	\$ 600,00
2	Interruptor magnetotérmico 25A, 2 polos	\$22,91	\$ 45,82
2	Interruptor Diferencial 30mA	\$143,35	\$ 286,70
1	Fusible NH 80-100A	\$258,39	\$ 258,39
1	Conductor Cu THHN # 14 AWG, 100m	\$40,00	\$ 40,00
1	Conductor Cu THHN # 10 AWG, 100m	\$80,00	\$ 80,00
1	Conductor Cu THHN # 8 AWG, 100m	\$100,00	\$ 100,00
1	Conductor de Cu desnudo # 10	\$70,00	\$ 70,00
6	Tubería conduit rígido EMT 1/2", 3.20m	\$40,50	\$ 243,00
4	Tubería conduit rígido EMT 1", 3.20m	\$60,65	\$ 242,60
8	Conector para tubería conduit 1/2"	\$2,58	\$ 20,64
8	Conector para tubería conduit 1"	\$4,90	\$ 39,20
10	Misceláneos	\$20,00	\$ 200,00
	Sub Total 1	3.031,27	\$ 11.894,33
1	Asesoría Ing. Eléctrico	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
2	Técnico eléctrico Jr.	\$ 500,00	\$ 1.000,00
1	Maestro cerrajero	\$ 450,00	\$ 450,00
1	Gastos Empresa distribuidora	\$ 100,00	\$ 100,00
1	Suministros de Oficina (Planos)	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Transporte y misceláneos	\$ 30,00	\$ 30,00
	Sub Total 2	\$ 2.130,00	\$ 2.630,00
	TOTAL ACTIVOS FIJOS		14.524,33

Tabla 4.29 Costos de inversión potencia instalada de 3.22 kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

En este caso la inversión inicial es menor en comparación a las anteriores estudiadas, debido a las dimensiones del módulo dentro del empalme ocupando menos equipos y materiales, los flujos de caja neto anuales serán los mismos ya calculados.

Los flujos de caja anuales e indicadores económicos del proyecto se pueden visualizar en las tablas 4.32 y 4.33

Años	Ahorro \$	Venta de excedentes de energía	Total de Ingresos	Costo O&M	Pago a la red	Total de Egresos	Flujo de caja
0							-\$14,524.33
1	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
2	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
3	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
4	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
5	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
6	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
7	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
8	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
9	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
10	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
11	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
12	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
13	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
14	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
15	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
16	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
17	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
18	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
19	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53
20	\$ 227.67	\$1,613.06	\$1,840.73	\$ 60.00	\$ 293.20	\$353.20	\$1,487.53

Tabla 4.210 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto de 4.32 kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Tasa de interés anual	8.17%
------------------------------	--------------

Años	Flujo de caja	Suma de los flujos de caja	Saldo
0	-\$ 14,524.33		-\$ 14,524.33
1	\$ 1,487.53	\$ 1,375.18	-\$ 13,149.15
2	\$ 1,487.53	\$ 2,646.49	-\$ 11,877.84
3	\$ 1,487.53	\$ 3,821.77	-\$ 10,702.56
4	\$ 1,487.53	\$ 4,908.29	-\$ 9,616.04
5	\$ 1,487.53	\$ 5,912.75	-\$ 8,611.58
6	\$ 1,487.53	\$ 6,841.34	-\$ 7,682.99
7	\$ 1,487.53	\$ 7,699.79	-\$ 6,824.54
8	\$ 1,487.53	\$ 8,493.41	-\$ 6,030.92
9	\$ 1,487.53	\$ 9,227.08	-\$ 5,297.25
10	\$ 1,487.53	\$ 9,905.35	-\$ 4,618.98
11	\$ 1,487.53	\$ 10,532.38	-\$ 3,991.95
12	\$ 1,487.53	\$ 11,112.05	-\$ 3,412.28
13	\$ 1,487.53	\$ 11,647.94	-\$ 2,876.39
14	\$ 1,487.53	\$ 12,143.36	-\$ 2,380.97
15	\$ 1,487.53	\$ 12,601.35	-\$ 1,922.98
16	\$ 1,487.53	\$ 13,024.76	-\$ 1,499.57
17	\$ 1,487.53	\$ 13,416.18	-\$ 1,108.15
18	\$ 1,487.53	\$ 13,778.05	-\$ 746.28
19	\$ 1,487.53	\$ 14,112.58	-\$ 411.75
20	\$ 1,487.53	\$ 14,421.84	-\$ 102.49

VAN	-94.75
TIR	8.07%
Relación Costo/Beneficio	1.007

Tabla 4.11 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo de 3.22kW

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Los indicadores de Valor Actual neto, Tasa interna de retorno y relación Costo/beneficio no son viables para el proyecto como se muestra en la tabla 4.33 considerando que la venta de excedentes es menor comparado con los casos anteriores y el valor de flujo neto es -\$ 102.49, en la figura 4.17 se puede visualizar estadísticamente

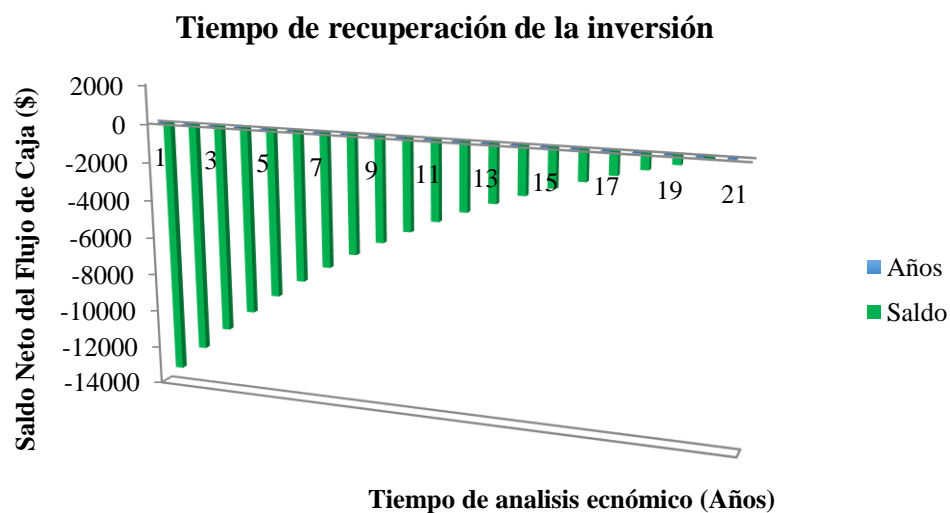


Figura 4.17 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación de 3.22 kW
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Sensibilidad en el precio por venta de excedentes de energía solar fotovoltaica.

El siguiente análisis se realizara empleando un precio de 35 centavos de dólar a la venta de excedentes de energía solar fotovoltaica, la inversión inicial es la calculada en la tabla 4.2.

Años	Ahorro \$	Venta de excedentes de energía	Total de ingresos	Costo O&M	Pago a la red	Total de egresos	Flujo de caja
0							-\$17.814,33
1	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
2	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
3	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
4	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
5	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
6	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
7	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
8	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
9	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
10	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
11	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
12	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
13	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
14	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
15	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
16	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
17	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
18	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
19	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50
20	\$ 234,14	\$2.011,92	\$2.246,07	\$ 60,00	\$ 286,57	\$346,57	\$1.899,50

Tabla 4.12 Evolución económica de ingresos y egresos el proyecto /precio de 35 centavos de dólar
Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

Tasa de interés anual	8,17%
------------------------------	--------------

Años	Flujo de caja	Suma de los flujos de caja	Saldo
0	-\$ 17.814,33		
1	\$ 1.899,50	\$ 1.756,04	-\$ 16.058,29
2	\$ 1.899,50	\$ 3.379,44	-\$ 14.434,89
3	\$ 1.899,50	\$ 4.880,23	-\$ 12.934,10
4	\$ 1.899,50	\$ 6.267,66	-\$ 11.546,67
5	\$ 1.899,50	\$ 7.550,31	-\$ 10.264,02
6	\$ 1.899,50	\$ 8.736,07	-\$ 9.078,26
7	\$ 1.899,50	\$ 9.832,28	-\$ 7.982,05
8	\$ 1.899,50	\$ 10.845,69	-\$ 6.968,64
9	\$ 1.899,50	\$ 11.782,56	-\$ 6.031,77
10	\$ 1.899,50	\$ 12.648,66	-\$ 5.165,67
11	\$ 1.899,50	\$ 13.449,36	-\$ 4.364,97
12	\$ 1.899,50	\$ 14.189,57	-\$ 3.624,76
13	\$ 1.899,50	\$ 14.873,88	-\$ 2.940,45
14	\$ 1.899,50	\$ 15.506,50	-\$ 2.307,83
15	\$ 1.899,50	\$ 16.091,34	-\$ 1.722,99
16	\$ 1.899,50	\$ 16.632,01	-\$ 1.182,32
17	\$ 1.899,50	\$ 17.131,84	-\$ 682,49
18	\$ 1.899,50	\$ 17.593,92	-\$ 220,41
19	\$ 1.899,50	\$ 18.021,10	\$ 206,77
20	\$ 1.899,50	\$ 18.416,02	\$ 601,69

VAN	556,24
TIR	8,62%
Relación Costo/Beneficio	0,967

Tabla 4.13 Resultados económicos del TIR, VAN y Relación Beneficio/costo / precio de 35 centavos de dólar

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

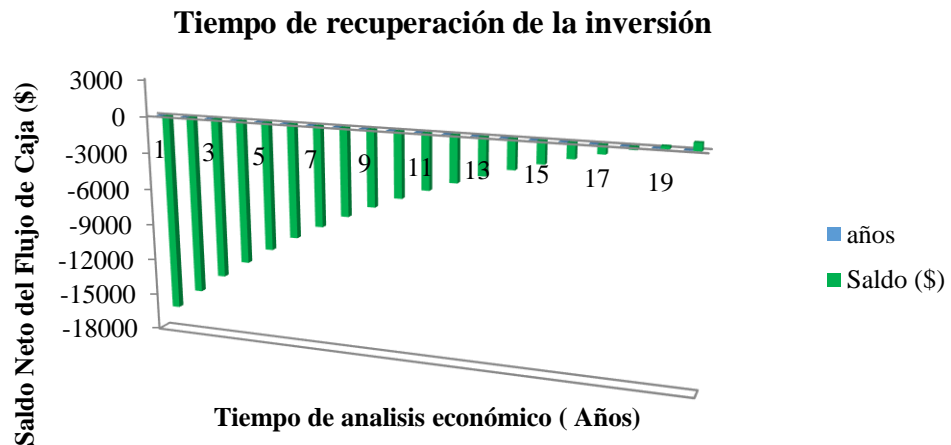


Figura 4.18 Saldo de flujo neto relacionado con la vida útil de la instalación /precio de 35 centavos de dólar

Elaborado por: Edison López R. – Juan Garzón L.

4.4 Verificación de Hipótesis

La investigación realizada en este trabajo ha permitido determinar que la generación solar fotovoltaica es una fuente de consumo racional para satisfacer las necesidades residenciales en el Distrito Metropolitano de Quito, confirmándose las suposiciones que se plantearon al inicio de este estudio.

Este criterio se fundamenta en que se ha verificado la factibilidad técnica de la implantación de sistemas solares fotovoltaicos en nuestro medio; así como las condiciones favorables desde el punto de vista del recurso solar. También se verifica la posibilidad cierta de entregar excedentes de generación a la red eléctrica de la empresa distribuidora, encontrándose que existen beneficios económicos al presentarse una capacidad de ahorro en la compra de energía eléctrica y beneficios netos, productos de la venta de electricidad a la red pública.

Adicionalmente se verifican otros factores de beneficio tales como la introducción de energía limpia a la red a través de un sistema sin demasiadas complejidades en el diseño e instalación, silencioso y de bajo mantenimiento lo que garantiza la sustentabilidad en el tiempo.

CONCLUSIONES

- La energía solar fotovoltaica permite generar electricidad de manera limpia, ya que su fuente primaria de energía es el sol, el cual resulta ser inagotable y gratuita. Debido a estas características es comprensible su amplia utilización en el campo o la ciudad.
- La implementación de sistemas solares fotovoltaicos en el Distrito Metropolitano de Quito para la generación de energía eléctrica, es viable considerando su importante recurso solar.
- El estudio realizado demuestra la viabilidad para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, pensados principalmente para una demanda residencial dentro del Distrito Metropolitano de Quito, en los cálculos y memorias se encuentran parámetros analizados y definidos para satisfacer la energía de autoconsumo a una vivienda y obtener beneficios de venta de energía a una empresa distribuidora cuando se produzcan excedentes.
- Los sistemas de generación solar fotovoltaica conectados a la red de distribución pueden ser usados también como mini centrales de pequeña o gran escala conformando generación distribuida renovable, lo cual hace necesario la incorporación de sistemas basados en redes inteligentes para la administración coordinada de estos sistemas por parte de la Empresa Distribuidora
- Las instalaciones solares fotovoltaicas se caracterizan por un largo de ciclo de vida (20-25 años), una elevada confiabilidad y un escaso mantenimiento. Las diferentes empresas fabricantes de paneles fotovoltaicos tienen un alto grado de garantía para el usuario de hasta 25 años después de su instalación inicial.
- Los planos unifilares presentados en este trabajo constituyen una referencia dado que permiten analizar y verificar los principales elementos para un correcto funcionamiento del sistema solar fotovoltaico.
- El desarrollo de un programa de dimensionamiento mediante una base de datos con equipos existentes en el mercado actual, permite al instalador tener una idea clara en cuanto al diseño de la instalación solar fotovoltaica, realizando diferencias o sensibilidades técnicas y económicas, seleccionando la mejor opción para realizar el proyecto.

- Los datos recopilados de la magnitud del recurso solar en la ciudad de Quito reflejan que en muchos meses del año podría aprovecharse este recurso para producir electricidad en beneficio del usuario y de la empresa distribuidora.
- Empleando la tarifa para la generación solar fotovoltaica (40.03cUSD/kWh) que en su momento reconoció la Regulación 004/11 emitida por el Consejo Nacional de Electricidad se han realizado los estudios económicos encontrándose que el tiempo de recuperación promedio para la inversión de un sistema de 4.18kW es de 14 años aproximadamente.
- A pesar de la barrera que representa la inversión inicial para implementar este tipo de tecnología, el análisis económico realizado consiste en la valoración comparativa para distintos casos de estudio del VAN, el TIR y la relación Costo/Beneficio, permitieron encontrar resultados positivos para el VAN, TIR apropiadas, una relación Costo/Beneficio menor a 1 y un tiempo de recuperación del capital que no sobrepasa la vida útil de la instalación solar fotovoltaica. Lo que permite concluir la viabilidad económica del proyecto.

RECOMENDACIONES

- La implantación de sistemas solares fotovoltaicos dentro del Distrito Metropolitano de Quito en los próximos años es recomendable, por esta razón se debería impulsar al uso de sistemas fotovoltaicos con estímulos económicos y políticos de incentivos por parte del Gobierno y Municipios locales para abaratar costos de inversión y tiempos de recuperación.
- Con fines de investigación se recomienda a la Universidad realizar monitoreos a los equipos o elementos principales de las instalaciones solares fotovoltaicas en funcionamiento, con el propósito de resolver dudas técnicas y generar conocimiento para futuros proyectos o normativas.
- Es recomendable crear y estudiar normativas de uso de sistemas solares fotovoltaicos como alternativas energéticas limpias para satisfacer la demanda requerida. Estas normativas deberán considerar requerimientos en cuanto al diseño, construcción e implementación de sistema fotovoltaicos.
- Nuestro país posee una gran diversidad de recursos naturales que pueden ser empleados para la producción de electricidad, por esta razón se recomienda capacitar y educar a personal técnico ecuatoriano en sistemas de generación no convencionales, nuevas e innovadoras tecnologías y así poder aprovechar de mejor manera las fuentes naturales de energía.
- Para futuros estudios, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad de generación fotovoltaica, considerando mediciones de radiación desde diferentes puntos a nivel regional, logrando identificar sitios óptimos de generación, ya que los estudios actuales son organizados de manera global para distintos lugares y ciudades del país.
- Para sistemas solares fotovoltaicos se ha demostrado técnica y económica viable para el Distrito Metropolitano de Quito, por esta razón es recomendable incentivar a instituciones, universidades para la educación de nuevas tecnologías, la implantación de pregrados y posgrados especializados en energías renovables con educadores nacionales e internacionales conocedores del tema y experiencia profesional.
- Para la implantación de sistemas solares fotovoltaicos en ciudades se recomienda partir desde un área útil de instalación y verificar espacios según

los niveles de generación para satisfacer la demanda y obtener excedentes de energía.

- Gracias a los análisis de sensibilidad económica del proyecto y con los supuestos de esta tesis, se encuentra que una tarifa inferior a los 35 centavos de dólar para la venta de excedentes a la empresa distribuidor implicaría que la inversión se recuperaría en plazos superiores a los 20 años, lo cual no es recomendable dado que excedería la vida útil del sistema.
- Se recomienda crear líneas de crédito de bajo interés para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red por parte de Bancos del Estado, de esta manera se incentivaría la implantación de este tipo de sistemas en beneficio de la sociedad.

Referencias

- [1] A. M. Vicente, Curso de energía solar, Madrid: Mundi - Prensa, 2009.
- [2] M. Á. Sánchez Maza, Energía solar fotovoltaica, México D.F.: LIMUSA, 2011.
- [3] G. Enríquez Harper, Instalaciones eléctricas domésticas convencionales y solares fotovoltaicas, Mexico D.F.: LIMUSA, 2010.
- [4] J. R. Viloría, Instalaciones solares fotovoltaicas, C. L. Carmona, Ed., Madrid: Paraninfo, 2010.
- [5] B. pot.es, «Desahogate,» Noticias, 06 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://mundicampos.blogspot.es/1307727300/>. [Último acceso: 09 Julio 2013].
- [6] M. F. Barrera, Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica, Madrid: Liberfactory, 2010.
- [7] C. s. ". limpia", «CLEANERGYsolar.com,» Características eléctricas de un panel, 28 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.cleanergysolar.com/2011/07/28/tutorial-solar-fotovoltaica-caracteristicas-electricas-de-un-panel-solar/>. [Último acceso: 13 Junio 2013].
- [8] D. Chiras, The Homeowner's guide to renewable energy, Gabriola island: New Society Publishers, 2011.
- [9] K. P. Ramirez, «Monografias.com,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>. [Último acceso: 24 Octubre 2012].
- [10] J. R. Viloría, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, primera ed., C. L. Carmona, Ed., Madrid: Paraninfo, 2010.
- [11] J. M. M. Muñiz y R. C. Garcia, Energía Solar Fotovoltaica, Segunda ed., Madrid: Fundación CONFEMETAL, 2009.
- [12] A. B. Meinel, Aplicaciones de la Energía solar, Barcelona: Reverté S.A., 1986.
- [13] G. Prisa, «Kalipedia,» Santillana, Septiembre 2010. [En línea]. Available: <http://www.kalipedia.com/acercade.html>. [Último acceso: 28 Octubre 2012].
- [14] L. Jutglar, Energía Solar, Barcelona: Ceac, 2004.
- [15] A. v. d. l. energía, «Techno SUN,» Blog Corporativo de Techno Sun S.L.U, 15 Junio 2010. [En línea]. Available: <http://blog.technosun.com/?p=3575>. [Último acceso: 15 Noviembre 2012].

- [16] G. P. Sala, «Energía Solar Fotovoltaica,» Inforama, S. A., Madrid, 2002.
- [17] J. D. A. Peña, «Curso de energía solar fotovoltaica,» Curso solar I+DEA, 12 Enero 1997. [En línea]. Available: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/08_lecciones/8_lecciones.htm. [Último acceso: 17 Noviembre 2012].
- [18] D. J. F. Valdes, «Observatorio de radiación solar,» Centrp regional de Medición de la Radiación Ar-IV, Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.geofisica.unam.mx/ors/atlas.php>. [Último acceso: 24 Noviembre 2012].
- [19] V. Maria, «IPEM 56 Abraham Juarez,» Nuestra Escuela, Febreo 2011. [En línea]. Available: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/institucional.html>. [Último acceso: 20 Noviembre 2012].
- [20] C. Common, «Tiempo de aficionados,» Camping & Bungalows PINEDA, 2012. [En línea]. Available: <http://www.eltiempodelosaficionados.com/PARAQUESIRVE.html>. [Último acceso: 24 Noviembre 2012].
- [21] S. Martins, «STOA,» Equipeta Stoa, 15 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://stoa.usp.br/samanthansm/weblog/friends/>. [Último acceso: 26 Noviembre 2012].
- [22] CONELEC, «Atlas solar Conelec,» REGISTRO INSTITUTO ECUATORIANO , Quito, 2008.
- [23] J. M. Kusterer, «National Aeronautics and Space Administration,» NASA Langley ASDC User, 27 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=>. [Último acceso: 23 Enero 2013].
- [24] «La energía solar,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.laenergia-solar.com/La-insolacion.html>. [Último acceso: 27 Noviembre 2012].
- [25] CONELEC, «Plan Maestro de Electrificación 2012 - 2021,» Quito, 2011.
- [26] TXU energy Retail Company, «TXU energy,» [En línea]. Available: <http://www.txu.com/es/property-management/customer-care/understanding-demand.aspx>. [Último acceso: 25 Junio 2012].
- [27] F. D. Cárdenas, Marcillo, AUDITORIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS QUITO, Quito, 2012.
- [28] E. E. Q. S.A., «Normas para la distribucion "Parte A",» Quito, 2011.

- [29] Empresa Eléctrica Quito, «Pliego Tarifario Vigente,» Quito, 2013.
- [30] CONELEC, «Dirección de Tarifas,» Quito, 2012.
- [31] CONELEC, «Regulacion 004-11».
- [32] D. Vera, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador, 2010. [En línea]. Available: http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculos_provinciales/pichincha.pdf. [Último acceso: 15 Diciembre 2012].
- [33] CONELEC, «Plan maestro de Electrificación 2009-2020,» Quito, 2011.
- [34] CONELEC, «Resumen Comercialización,» Quito, 2012.
- [35] Ministerio de Economía, «Real Decreto 1663/2000, 29 de Septiembre Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tension,» Madrid, 2000.
- [36] NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION, «ENERGIAS RENOVABLES,» Quito, 2011.
- [37] I. N. d. M. e. Hidrología, «Promedio de horas de Heliofania,» Quito.
- [38] Antusol, «Energía Solar Fovoltaica,» 25 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://antusol.webcindario.com/instalacion.html>. [Último acceso: 24 Julio 2013].
- [39] L. S. Castañer, Silvestre, Modelling Photovoltaic Systems using PSpice, Chichester: JOHN WILEY & SONS, LTD, 2002.
- [40] IDAE, «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red,» Madrid, 2011.
- [41] BOJA, «Consejería de innovación, ciencia y empresa.,» Sevilla, 2007.
- [42] J. C. Herrera Heredia, «SISTEMA HIBRIDO SOLAR-EÓLICO PARA EL ABASTECIMIENTO ELECTRICO DEL CENTRO DE CONTROL DE ENERGIA - CENACE,» Quito, 2013.
- [43] M. P. Alcalde San, Instalaciones Electricas y Automaticas, Madrid: PARANINFO, 2009.
- [44] Normas Ecuatorianas para la Construcción, «Instalaciones Electromecánicas,» Quito, 1996.
- [45] A. A. Bayod Rújula, Sistemas fotovoltaicos, Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.

- [46] CONELEC, «Regulación N.- 005/06 Sistema de Medición Comercial,» Quito, 2009.
- [47] W. G. Sullivan, E. M. Wicks y J. T. Luxhoj, Ingeniería Económica de Degarmo, Mexico: PEARSON Educación, 2004.
- [48] J. Paul W. Stackhouse, «Surface meteorology and Solar Energy,» Nasa, 14 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s01+s11#s01>. [Último acceso: 9 Diciembre 2012].
- [49] D. Vera, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» 2010. [En línea]. Available: http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculos_provinciales/pichincha.pdf. [Último acceso: 15 Diciembre 2012].
- [50] D. d. E. S. d. I. y. CENSOLAR, «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red,» Madrid, 2011.
- [51] Basantes Torres, Lechon Gonza, «Análisis Técnico Económico para la implementación de una Central Solar Fotovoltaica en la parroquia de san Antonio de Pichincha,» 08 Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4632>. [Último acceso: 10 Abril 2013].
- [52] S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering, San Diego, California: ELSEVIER, 2009.
- [53] C. Larroulet y F. Mochón, Economía, Madrid: McGraw-Hill, 1999.
- [54] S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering, California: ELSEVIER, 2009.
- [55] M. R. Tous, Energía solar fotovoltaica, Barcelona: CEAC, 2010.
- [56] CONELEC, «BOLETÍN ESTADÍSTICO SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO,» Quito, 2011.

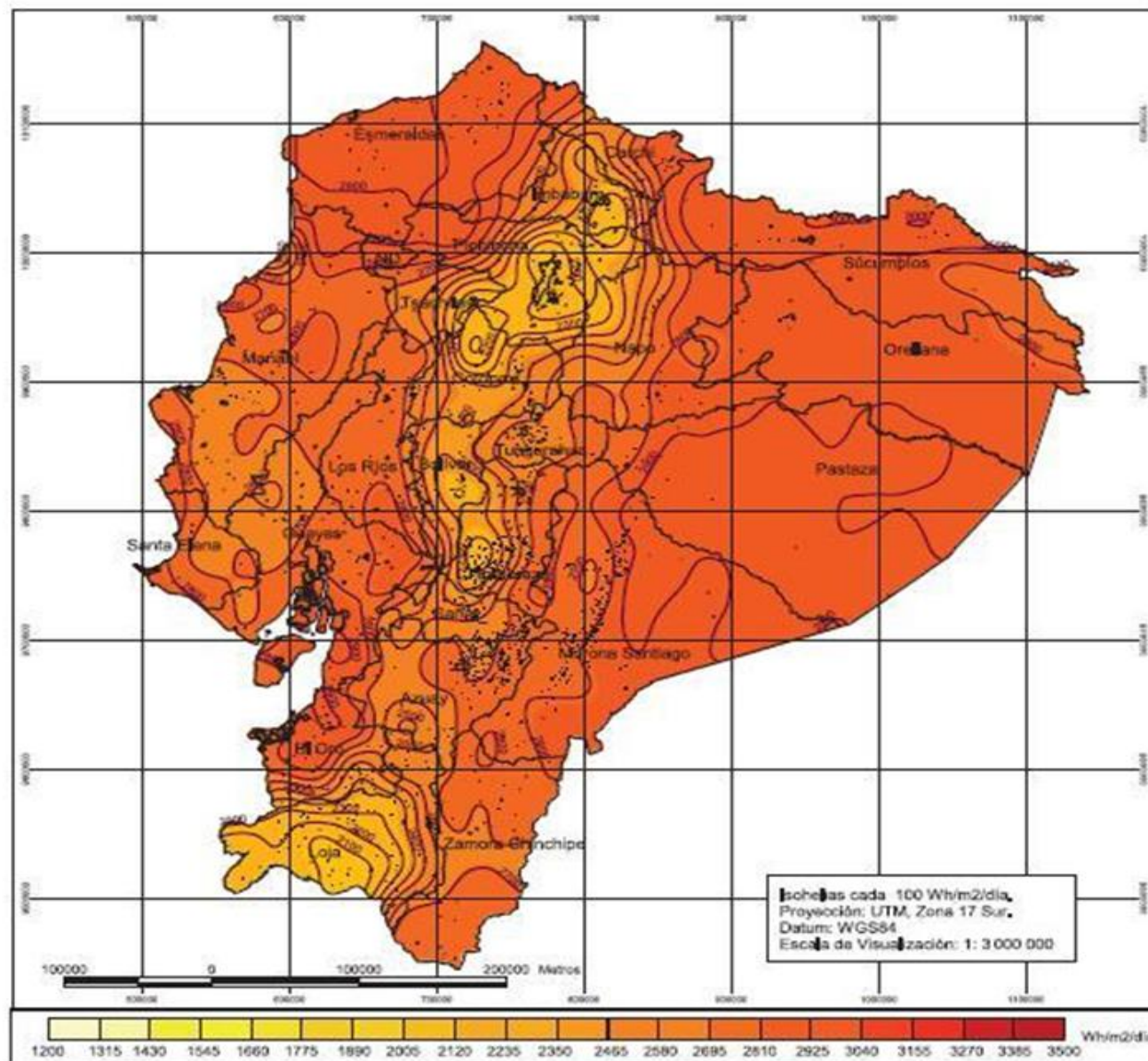
ANEXOS

ANEXO A

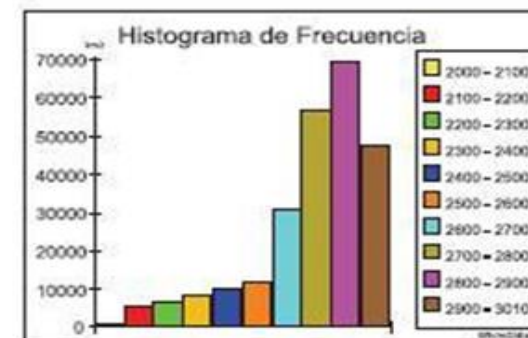
MEDIA ANUAL DEL ECUADOR PARA LA ZONA DE PICHINCHA.

ANEXO B

INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO DEL ECUADOR



Insolación Difusa Promedio



Valor Máximo: 3 105 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 2 032 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 2737,05 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 196,8432 Wh/m²/día



Corporación para la Investigación Energética

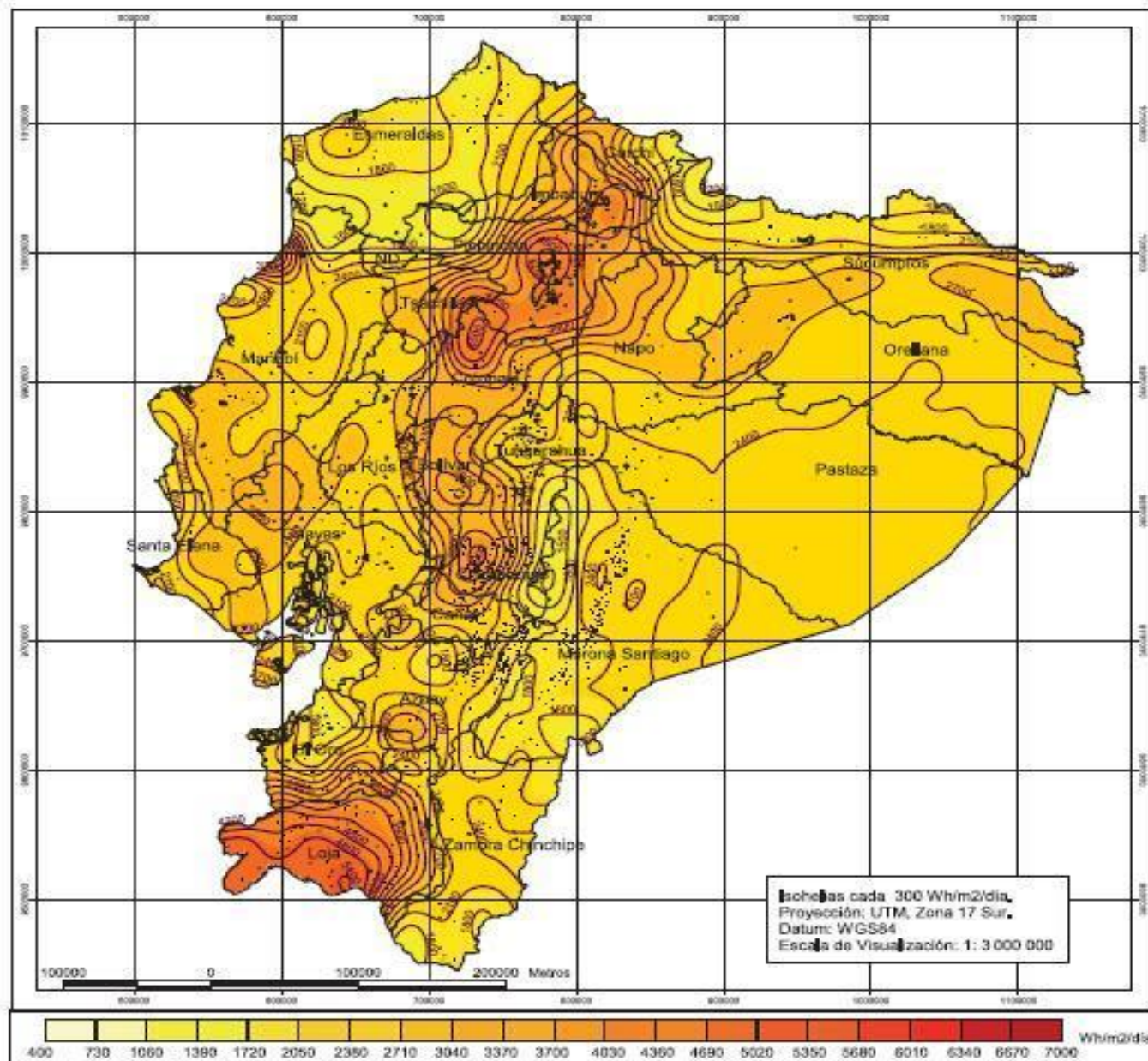
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contenido: Insolación Difusa Anual Promedio

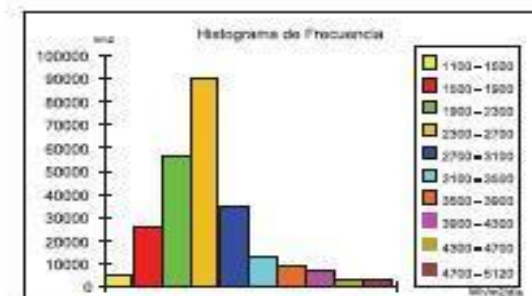
Fecha: Agosto del 2008

ANEXO C

INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO DEL ECUADOR



Insolación Directa Promedio



Valor Máximo: 5 119 $\text{Wh/m}^2/\text{día}$
 Valor Mínimo: 1 147 $\text{Wh/m}^2/\text{día}$
 Valor Promedio: 2543,01 $\text{Wh/m}^2/\text{día}$
 Desviación Estándar: 643,1827 $\text{Wh/m}^2/\text{día}$



Corporación para la Investigación Energética

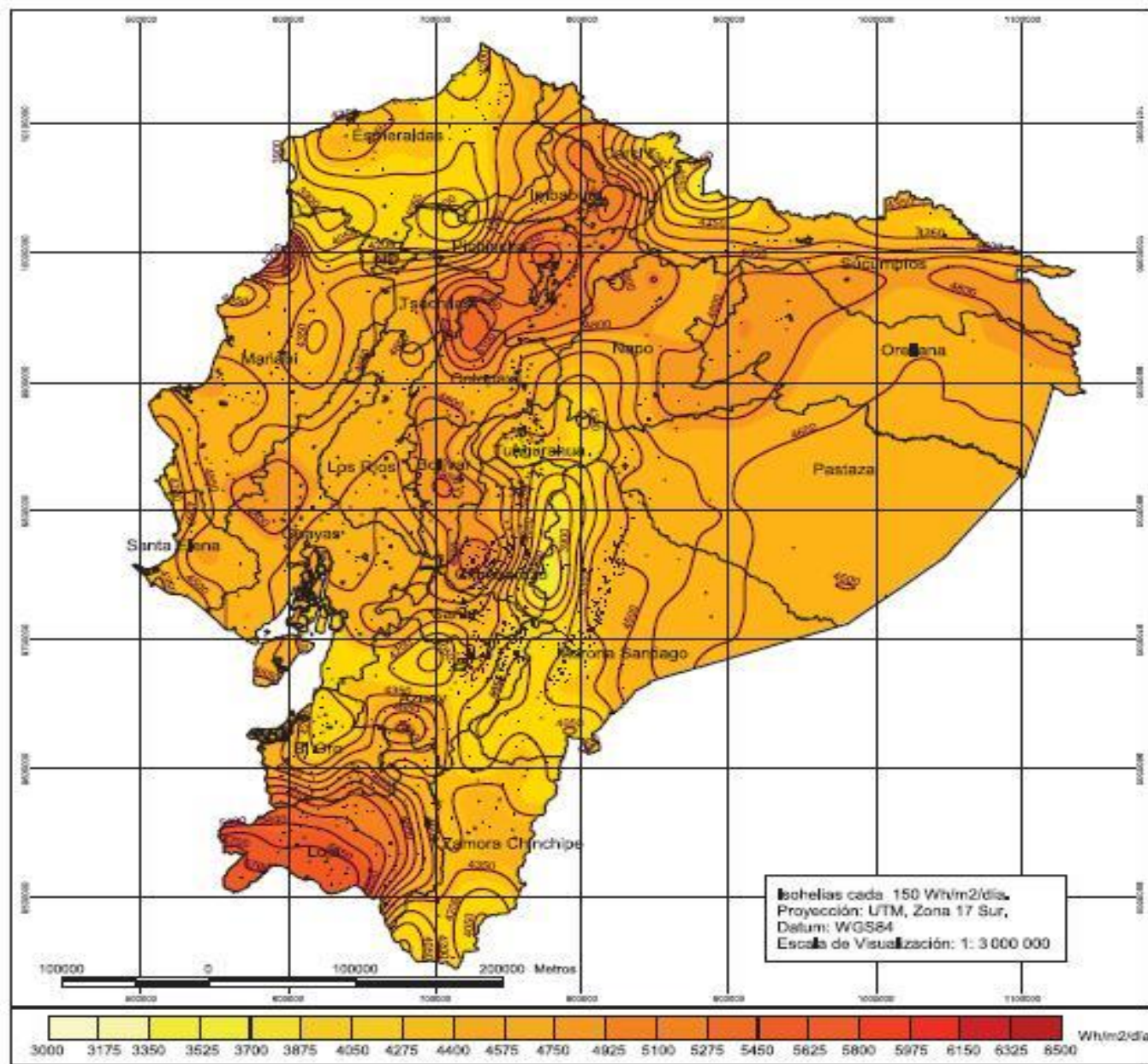
ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contenido: Insolación Directa Anual Promedio

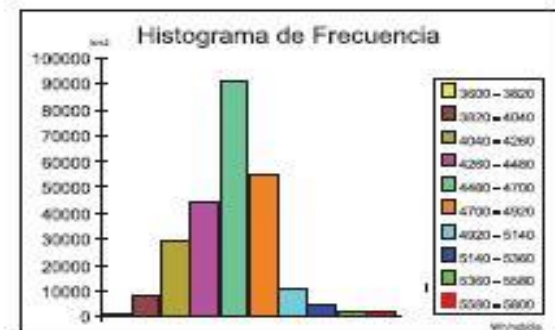
Fecha: Agosto del 2008

ANEXO D

INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO DEL ECUADOR



Insolación Global Promedio



Corporación para la Investigación Energética

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Contenido: Insolación Global Anual Promedio

Fecha: Agosto del 2008

ANEXO E

PLANILLA DE DEMANDA COMERCIAL E INDUSTRIAL

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.	PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS DE DISEÑO PARA USUARIOS COMERCIALES E INDUSTRIALES			HOJA 1 DE 1			
				2013-03- FECHA: 01			
				aa/mm/dd			
NOMBRE DEL PROYECTO:		BODEGAS "NEXUS"					
N° DEL PROYECTO:							
LOCALIZACION:		Av. Gral. Enríquez, Sector El Milagro, Lote 4					
USUARIO TIPO:		COMERCIAL - INDUSTRIAL					
NUMERO DE USUARIOS:		1					
ITEM	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			FFUn (%)	CIR (KW)	FSn (%)	DMU (KW)
	DESCRIPCION	CANT.	Pn (KW)				
1	BODEGA 1	GLOBAL	41,80	100%	41,80	80%	33,44
2	BODEGA 2	GLOBAL	16,70	100%	16,70	80%	13,36
3	BODEGA 3	GLOBAL	51,60	100%	51,60	80%	41,28
4	BODEGA FRIOS	GLOBAL	14,70	100%	14,70	80%	11,76
5	AREA OFICINAS	GLOBAL	35,39	100%	35,39	80%	28,31
6	SERVICIOS GENERALES	GLOBAL	55,57	100%	55,57	90%	50,01
TOTAL			215,77		215,77		178,17
FACTOR DE POTENCIA:		0,96	FACTOR DE DEMANDA FDM= DMU/CIR		0,83		
DMU=DD (KVA)		185,59					
OBSERVACIONES: SE PROYECTA INSTALAR UN TRANSFORMADOR TRIFASICO 200KVA-22800-13200/220-127V.							

ANEXO F

TECHNICAL DATA SHEET PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

SM536-95

TECHNICAL DATA SHEET

SM536-85、SM536-90、SM536-95



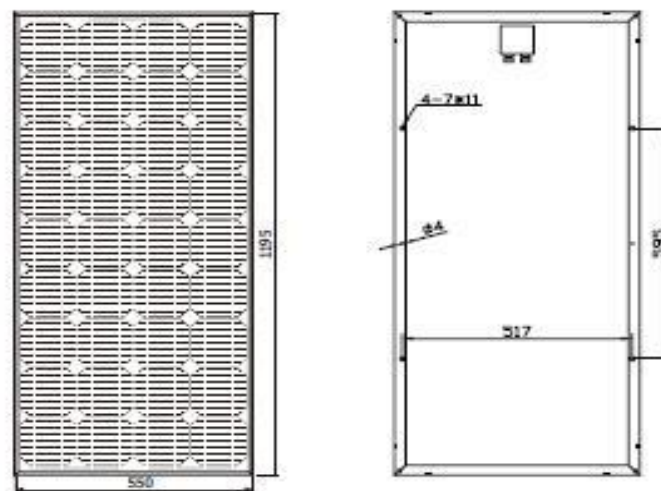
Technical Data

Type	SM536-85, SM536-90, SM536-95
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 125mm×125mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1200×540×35mm (125×125mm cell)
Module, Weight	8 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium

Electrical Data

Maximum Power	$P_{MPP, STC}$	85 W	90 W	95 W
Power Tolerance	Δ_{STC}	± 2%	± 2%	± 2%
Maximum Power Voltage	$U_{MPP, STC}$	17.4 V	17.6 V	17.8 V
Maximum Power Current	$I_{MPP, STC}$	4.89 A	5.11 A	5.33 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC, STC}$	21.6 V	21.8 V	22.2 V
Short Circuit Current	$I_{SC, STC}$	5.25 A	5.51 A	5.79 A
Cell Efficiency	η_{STC}	15.9%	16.8%	17.8%
Maximum System Voltage	U_{DC}	700 V	700 V	700 V

STC: Irradiance 1000 W/m²; Spectrum AM 1.5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s



Temperature Coefficients

Power Coefficient	$\alpha_k (P_{MPP})$	- 0.45 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_k (U_{OC})$	- 0.35 %/K
Current Coefficient	$\varphi_k (I_{SC})$	0.065 ± 0.015 %/K

Power Warranty

- 10 years performance warranty to 90 %
- 25 years performance warranty to 80 %
- 5 years warranty against production and material defects

Certifications

IEC 61215, IEC 61730, TUV, CE, ISO9001:2000

Simax(suzhou) Green New Energy Co., Ltd Add: beibanjing riverside, suzhou road, taicang city, jiangsu province, China
 Tel: +86-512-53378555 Fax: +86-512-53378556
 Url: www.simaxsolar.com Email: info@simaxsolar.com jacky@simaxsolar.com



ANEXO G

TECHNICAL DATA SHEET INVERSOR MONOFASICO

SB – 1700

SB 1100 / SB 1700



Seguro

- > Seccionador de potencia de CC integrado ESS
- > Separación galvánica

Montaje en intemperie

- > Para montaje interior y en intemperie
- > Rango de temperatura ampliado

Fiable

- > Servicio SMA en todo el mundo y línea de atención al cliente
- > Amplio programa de garantía de SMA



SUNNY BOY 1100 / 1700

Compactos

A la hora de configurar una instalación solar se busca conseguir un ajuste óptimo entre el rendimiento del generador solar y el del inversor. Para ello es indispensable disponer de una amplia gama de inversores. Con más de 30.000 equipos vendidos en todo el mundo, los modelos compactos Sunny Boy 1100 y Sunny Boy 1700 son dos de nuestros modelos de más éxito. Con la tecnología más innovadora, estos "pequeños" Sunny Boy ahora también incluyen la separación de red SMA grid guard, de aplicación en todo el mundo. La interfaz garantiza una mayor seguridad en el funcionamiento de la instalación fotovoltaica y permite la inyección a la red eléctrica pública desde cualquier lugar.

Datos técnicos SUNNY BOY 1100 / 1700

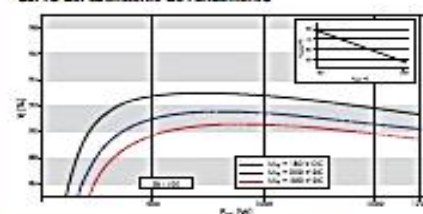
	SB 1100	SB 1700
Entrada (CC)		
Potencia máxima de CC	1210 W	1850 W
Tensión máx. de CC	400 V	400 V
Rango de tensión fotovoltaica, MPPT	139 V - 320 V	139 V - 320 V
Corriente máx. de entrada	10 A	12,5 A
Número de seguidores de MPPT	1	1
Número máximo de Strings (en paralelo)	2	2
Salida (CA)		
Potencia nominal de CA	1000 W	1550 W
Potencia máxima de CA	1100 W	1700 W
Corriente máx. de salida	5,5 A	8,5 A
Tensión nominal de CA / rango	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Frecuencia de red de CA (de ajuste automático) / rango	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz
Factor de potencia (cos φ)	1	1
Conexión de CA	monofásica	monofásica
Rendimiento		
Rendimiento máx.	93,0 %	93,5 %
Rendimiento europeo	91,6 %	91,8 %
Dispositivos de protección		
Protección contra polarización inversa (CC)	●	●
Seccionador de carga de CC ESS	●	●
Balanceo al cortocircuito (CA)	●	●
Monitorización de toma a tierra	●	●
Monitorización de red (SMA grid guard)	●	●
Con separación galvánica	●	●
Datos generales		
Dimensiones (ancho x alto x fondo) en mm	434 / 295 / 214	434 / 295 / 214
Peso	22 kg	25 kg
Rango de temperatura de servicio	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Emissiones de ruido (tipicas)	≤ 39 dB(A)	≤ 45 dB(A)
Consumo accesorios: funcionamiento (stand-by) / nocturno	≤ 6 W / 0,1 W	≤ 5 W / 0,1 W
Topología	transformador de baja frecuencia	transformador de baja frecuencia
Sistema de refrigeración	convección	convección
Lugar de montaje: interior / en intemperie (IP55)	● / ●	● / ●
Características		
Conexión de CC: MCC / MCA / Tipo	● / ● / ●	● / ● / ●
Conexión de CA: conector	●	●
Display LCD	●	●
Color de la tapa: rojo	●	●
Interfaz: RS485 / por radio	● / ●	● / ●
Garantía: 5 años / 10 años	●	●
Certificados y autorizaciones	●	●
● Equipamiento de serie ○ Opcional		

www.SMA-Iberica.com

www.SMA-Iberica.com

Datos en condiciones nominales - estado de marzo 2009

Curva del coeficiente de rendimiento



Accesorios



www.SMA-Iberica.com
Freecall 00800 SUNNYBOY
Freecall 00800 7 866 9269

SMA Solar Technology AG

ANEXO H

CODIGO DE PROGRAMACION DEL SOFTWARE COMPUTACIONAL DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (VISUAL BASIC)

Código de programación: Pantalla principal

```
Private Sub Form_Load()  
End Sub  
  
Private Sub mnuModulo_Click()  
frmModulo.Show  
End Sub  
  
Private Sub mnuSalir_Click()  
End  
End Sub
```

Código de programación: Elección del módulo fotovoltaico

```
Me.txtTecnologiaCeldasEquipo = rsCargo!tecnologiaCeldasEquipo  
Me.txtTemperaturaOperacionPanelEquipo = rsCargo!temperaturaOperacionPanelEquipo  
temperaturaOperacionPanelEquipoModulo = CDBl(Me.txtTemperaturaOperacionPanelEquipo.Text)  
Me.txtVoltajeCircuitoAbiertoEquipo = rsCargo!voltajeCircuitoAbiertoEquipo  
VoltajeCircuitoAbierto = CDBl(Me.txtVoltajeCircuitoAbiertoEquipo)  
Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo = rsCargo!voltajeMaximaPotenciaEquipo  
VoltajeMaximaPotencia = CDBl(Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo)  
End Sub  
  
Private Sub Command1_Click()  
frmDistancia.Show  
End Sub  
  
' A partir desde aqui no funciona el codigo  
Private Sub Form_Load()  
Set rsCargo = New Recordset  
Call Conectar  
  
' abre el recordset  
rsCargo.Open "Select * from Equipo", cn, adOpenStatic, adLockOptimistic  
  
Do Until rsCargo.EOF  
'Combo1.AddItem rsCargo(1)  
Me.Combo1.AddItem rsCargo!maximaPotenciaEquipo  
Me.Combo1.ItemData(Combo1.NewIndex) = rsCargo!idEquipo  
rsCargo.MoveNext  
Loop
```



```
rsCargo.Close
Set rsCargo = Nothing
End Sub
```

Código de programación: Distancia entre módulos fotovoltaicos

```
Public PI As Double
Public distanciaEntrePanelesFotovoltaicos As Double
Public angulo As Double
Private Sub cmdTemperatura_Click()
If Me.Combo1.Text = "Ángulo" Then
    MsgBox "Debe Seleccionar un Ángulo", vbInformation
    Me.Combo1.SetFocus
Else
    frmD1.Show
End If
End Sub
Private Sub Combo1_Click()
txtOculto.Text = (CDBl(Me.Combo1.Text) * PI) / 180
angulo = CDBl(Me.Combo1.Text)
txtAltura = (frmModulo.txtAnchoEquipo * Sin(CDBl(Me.txtOculto.Text))) / 1000
txtDistanciaE = (frmModulo.txtAnchoEquipo * Cos(CDBl(Me.txtOculto.Text))) / 1000
txtDistanciaA = 2.5 * txtAltura
txtDistanciaEntrePanelesFotovoltaicos.Text = CDBl(txtDistanciaE) + CDBl(txtDistanciaA)
distanciaEntrePanelesFotovoltaicos = CDBl(txtDistanciaEntrePanelesFotovoltaicos.Text)
End Sub
Private Sub Form_Load()
PI = 3.14159265358979
End Sub
```

Código de programación: Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

```
Private Sub Form_Load()
End Sub
Private Sub txtAncho_LostFocus()
If Me.txtLongitud.Text = "" Then
    Longitud = 0
Else
    Longitud = CDBl(Me.txtLongitud)
End If
```

```
If Me.txtAncho.Text = "" Then
```

```
ancho = 0
```

```
Else
```

```
ancho = CDbI(Me.txtAncho)
```

```
End If
```

```
Me.txtArea = Longitud * ancho
```

```
Me.txtFilas = CInt(Longitud / (frmModulo.Longitud / 1000))
```

```
Me.txtPaneles = CInt(ancho / frmDistancia.distanciaEntrePanelesFotovoltaicos)
```

```
Me.txtNumeroMaximoPaneles = CDbI(Me.txtFilas) * CDbI(Me.txtPaneles)
```

```
NumeroMaximoPaneles = CDbI(Me.txtNumeroMaximoPaneles.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtLongitud_LostFocus()
```

```
If Me.txtLongitud.Text = "" Then
```

```
Longitud = 0
```

```
Else
```

```
Longitud = CDbI(Me.txtLongitud)
```

```
End If
```

```
If Me.txtAncho.Text = "" Then
```

```
ancho = 0
```

```
Else
```

```
ancho = CDbI(Me.txtAncho)
```

```
End If
```

```
Me.txtArea = Longitud * ancho
```

```
Me.txtFilas = CInt(Longitud / (frmModulo.Longitud / 1000))
```

```
Me.txtPaneles = CInt(ancho / frmDistancia.distanciaEntrePanelesFotovoltaicos)
```

```
Me.txtNumeroMaximoPaneles = CDbI(Me.txtFilas) * CDbI(Me.txtPaneles)
```

```
NumeroMaximoPaneles = CDbI(Me.txtNumeroMaximoPaneles.Text)
```

```
End Sub
```

Código de programación: Voltaje máximo y mínimo de máxima potencia

```
Public VoltajeMaximoMaximaPotencia As Double
```

```
Public VoltajeMinimoMaximaPotencia As Double
```

```
Public VoltajeMaximoCircuitoAbierto As Double
```

```

Private Sub cmdTemperatura_Click()
If Me.txtTemperaturaEstandar.Text = "" Then
    MsgBox "Debe Ingresar todos los Datos", vbInformation
    Me.txtTemperaturaEstandar.SetFocus
Else
    frmD3.Show
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo = frmModulo.VoltajeMaximaPotencia
txtVmap = (CDBl(Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo.Text) * frmModulo.dVoc) / 100
txtTpMin = frmTemperatura.TemperaturaOperacionMinima
txtTpMax.Text = frmTemperatura.TemperaturaOperacionMaxima
txtVoltajeCircuitoAbierto.Text = frmModulo.VoltajeCircuitoAbierto
txtVoc.Text = frmModulo.dVoc
txtVMap2 = (CDBl(txtVoltajeCircuitoAbierto) * CDBl(txtVoc)) / 100
txtToMin3.Text = frmTemperatura.TemperaturaOperacionMinima
End Sub

Private Sub txtTemperaturaEstandar_LostFocus()
Me.txtVariacionT = CDBl(Me.txtTemperaturaEstandar.Text) - CDBl(txtTpMin.Text)
txtVariacionMaximaVoltajeMaximaPotencia = CDBl(txtVariacionT) * CDBl(txtVmap)
txtVoltajeMaximoMaximaPotencia = CDBl(Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo) +
CDBl(txtVariacionMaximaVoltajeMaximaPotencia)
VoltajeMaximoMaximaPotencia = CDBl(txtVoltajeMaximoMaximaPotencia.Text)
txtTemperaturaEstandar2.Text = Me.txtTemperaturaEstandar.Text
txtVariacionT2.Text = CDBl(txtTpMax.Text) - CDBl(txtTemperaturaEstandar2.Text)
txtVariacionMaximaVoltajeMaximaPotencia2 = CDBl(txtVariacionT2.Text) * CDBl(txtVmap)
txtVoltajeMinimoMaximaPotencia = CDBl(Me.txtVoltajeMaximaPotenciaEquipo) -
CDBl(txtVariacionMaximaVoltajeMaximaPotencia2)
VoltajeMinimoMaximaPotencia = CDBl(txtVoltajeMinimoMaximaPotencia.Text)
txtTemperaturaEstandar3.Text = Me.txtTemperaturaEstandar.Text
txtVariacionT3.Text = CDBl(txtTemperaturaEstandar3.Text) - CDBl(txtToMin3.Text)
txtVariacionMaximaVoltaje.Text = CDBl(txtVariacionT3) * CDBl(txtVMap2)
txtVoltajeMaximoCircuitoAbierto.Text = CDBl(txtVariacionMaximaVoltaje) + CDBl(txtVoltajeCircuitoAbierto.Text)
VoltajeMaximoCircuitoAbierto = CDBl(txtVoltajeMaximoCircuitoAbierto.Text)
End Sub

```

Código de programación: Selección del inversor

```
Option Explicit

Public cn As ADODB.Connection

Public rst As ADODB.Recordset

Dim rsCargo As Recordset

Public RangoTensionFotovoltaicaMax As Double

Public RangoTensionFotovoltaicaMin As Double

Public CorrienteMaxima As Double

Public CorrienteMaximaSalida As Double

Public PotenciaInversor As Double

Public FactorPotencia As Double

Sub Conectar()

    ' Crea una nueva conexión y un recordset
    Set cn = CreateObject("ADODB.Connection")
    Set rst = CreateObject("ADODB.Recordset")
    rst.CursorLocation = adUseClient
    ' abre la base de datos
    cn.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" & _
        App.Path & "\InstalacionSolar.mdb" & ";Persist Security Info=False"

End Sub

Sub Desconectar()

    rst.Close
    cn.Close

    Set rst = Nothing
    Set cn = Nothing

End Sub

Private Sub cmdTemperatura_Click()

    If Me.Combo1.Text = "Potencia" Then
        MsgBox "Debe Seleccionar una Potencia", vbInformation
        Me.Combo1.SetFocus
    Else
        frmD4.Show
    End If

End If
```

```

End Sub

Private Sub Combo1_Click()
Set rsCargo = New Recordset

rsCargo.Open "Select * from Inversor where idInversor = " & Me.Combo1.ItemData(Me.Combo1.ListIndex), cn,
adOpenStatic, adLockOptimistic

PotenciaInversor = CDb( Me.Combo1.Text)

Me.txtConexionCA.Text = rsCargo!conexionCASalidaInversor
Me.txtCorrienteMaximaEntrada = rsCargo!corrienteMaximaInversor
Me.txtCorrienteMaxima = rsCargo!corrienteMaximaSalidaInversor
CorrienteMaximaSalida = CDb( Me.txtCorrienteMaxima)
CorrienteMaxima = CDb( Me.txtCorrienteMaximaEntrada.Text)
Me.txtFactorPotencia = rsCargo!factorPotenciaCosSalidaInversor
FactorPotencia = CDb( Me.txtFactorPotencia.Text)
Me.txtFrecuenciaRedCA = rsCargo!frecuenciaRedCASalidaInversor
Me.txtPotenciaMaximaCA = rsCargo!potenciaMaximaCASalidaInversor
Me.txtPotenciaNominalCA = rsCargo!potenciaNominalSalidaInversor
Me.txtRangoTensionFotovoltaicaMax = rsCargo!rangoTensionFotovoltaicaMPPTMaxInversor
RangoTensionFotovoltaicaMax = CDb( Me.txtRangoTensionFotovoltaicaMax)
Me.txtRangoTensionFotovoltaicaMPPTMin = rsCargo!rangoTensionFotovoltaicaMPPTMinInversor
RangoTensionFotovoltaicaMin = CDb( Me.txtRangoTensionFotovoltaicaMPPTMin)
Me.txtRendimiento = rsCargo!rendimientoInversor
Me.txtTensionMaximaCC = rsCargo!tensionMaximaCCInversor

End Sub

' A partir desde aqui no funciona el codigo
Private Sub Form_Load()
Set rsCargo = New Recordset

Call Conectar

' abre el recordset
rsCargo.Open "Select * from Inversor", cn, adOpenStatic, adLockOptimistic

Do Until rsCargo.EOF
'Combo1.AddItem rsCargo(1)
Me.Combo1.AddItem rsCargo!potenciaMaximaCCInversor
Me.Combo1.ItemData(Combo1.NewIndex) = rsCargo!idInversor
rsCargo.MoveNext

```

Loop

End Sub

Código de programación: Arreglo del sistema de generación fotovoltaico

```
Public NumeroTotalArreglos As Double
```

```
Public NumeroModulosArreglo As Double
```

```
Public CorrienteCortocircuito As Double
```

```
Public NumeroPanelesSerie As Double
```

```
Public NumeroPanelesParalelo As Double
```

```
Private Sub cmdTemperatura_Click()
```

```
frmD5.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
txtNumeroMaximoPanelesSerie.Text = CInt(frmD3.RangoTensionFotovoltaicaMax /  
frmModulo.VoltajeCircuitoAbierto)
```

```
NumeroMinimoPanelesSerie.Text = CInt(frmD3.RangoTensionFotovoltaicaMin / frmModulo.VoltajeMaximaPotencia)
```

```
txtNumeroPanelesParalelo = CInt(frmD3.CorrienteMaxima / frmModulo.CorrienteCortocircuito)
```

```
txtNumeroPanelesSerie.Text = CInt((CDBl(txtNumeroMaximoPanelesSerie.Text) +  
CDBl(NumeroMinimoPanelesSerie.Text)) / 2)
```

```
txtNumeroPanelesSerie1.Text = txtNumeroPanelesSerie.Text
```

```
NumeroPanelesSerie = CDBl(txtNumeroPanelesSerie.Text)
```

```
txtNumeroPanelesParalelo2.Text = txtNumeroPanelesParalelo.Text
```

```
txtNumeroModulosArreglo.Text = CDBl(Me.txtNumeroPanelesSerie1) * CDBl(Me.txtNumeroPanelesParalelo2)
```

```
NumeroModulosArreglo = CDBl(txtNumeroModulosArreglo.Text)
```

```
txtPotenciaArreglo.Text = (CDBl(txtNumeroModulosArreglo.Text) * frmModulo.potencia) / 1000
```

```
txtPotenciaInversor.Text = (CDBl(txtNumeroPanelesParalelo.Text) * CDBl(txtNumeroPanelesSerie.Text) *  
frmModulo.potencia * 0.85) / 1000
```

```
txtVoltajeCircuitoAbierto.Text = frmD2.VoltajeMaximoCircuitoAbierto * CDBl(txtNumeroPanelesSerie1.Text)
```

```
txtCorrienteCortocircuito.Text = frmModulo.CorrienteCortocircuito * CDBl(Me.txtNumeroPanelesParalelo2.Text)
```

```
CorrienteCortocircuito = CDBl(txtCorrienteCortocircuito.Text)
```

```
txtNumeroTotalArreglos.Text = frmD1.NumeroMaximoPaneles / CDBl(txtNumeroModulosArreglo.Text)
```

```
NumeroTotalArreglos = CDBl(txtNumeroTotalArreglos.Text)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtVariacionT3_Change()
```

End Sub

Private Sub Frame3_DragDrop(Source As Control, X As Single, Y As Single)

End Sub

Código de programación: Datos técnicos de la instalación fotovoltaica

Private Sub cmdTemperatura_Click()

frmD6.Show

End Sub

Private Sub Form_Load()

txtNumeroTotalPaneles = frmD4.NumeroTotalArreglos * frmD4.NumeroModulosArreglo

txtPotencia.Text = (Cdbl(txtNumeroTotalPaneles.Text) * frmModulo.potencia) / 1000

txtCorrienteCortocircuito = frmD4.CorrienteCortocircuito * frmD4.NumeroTotalArreglos

txtTensionPuntoMaximaPotencia = frmD2.VoltajeMaximoMaximaPotencia * frmD4.NumeroPanelesSerie

txtInclinacion = frmDistancia.angulo

End Sub

Código de programación: Protecciones eléctricas

Private Sub cmdTemperatura_Click()

frmD7.Show

End Sub

Private Sub Form_Load()

txtFusible.Text = 1.2 * frmModulo.CorrienteCortocircuito

txtSeleccionador = 1.2 * frmD4.NumeroPanelesParalelo * frmModulo.CorrienteCortocircuito

txtInterruptorMagnetotermico = 1.2 * (frmD3.PotenciaInversor / (110 * frmD3.FactorPotencia))

txtInterruptorGeneral = frmD4.NumeroTotalArreglos * Cdbl(txtInterruptorMagnetotermico.Text)

End Sub

Código de programación: Sección del conductor

Private Sub cmdInicio_Click()

frmMain.Show

End Sub

Private Sub Combo1_Click()

```

If Me.Combo2.Text = "Caída de tensión" Then
    Me.Combo2.Text = 0
End If
txtOculto.Text = (Cdbl(Me.Combo2.Text) * Cdbl(Combo3.Text)) / 100
If Me.txtOculto.Text = "" Then
    Me.txtOculto.Text = 0
End If
If (Cdbl(Me.Combo1.Text) * Cdbl(Me.txtOculto.Text)) = 0 Then
    txtCalculo1 = 0
Else
    txtCalculo1 = (2 * Cdbl(Me.txtLongitud.Text) * frmModulo.CorrienteCortocircuito) / (Cdbl(Me.Combo1.Text) *
Cdbl(Me.txtOculto.Text))
End If
End Sub

Private Sub Combo2_Change()
If Combo3.Text = "Tensión" Then
    Combo3.Text = 0
End If
If Combo1.Text = "Conductor" Then
    Combo1.Text = 0
End If
txtOculto.Text = (Cdbl(Me.Combo2.Text) * Cdbl(Combo3.Text)) / 100
If (Cdbl(Me.Combo1.Text) * Cdbl(Me.txtOculto.Text)) = 0 Then
    txtCalculo1 = 0
Else
    txtCalculo1 = (2 * Cdbl(Me.txtLongitud.Text) * frmModulo.CorrienteCortocircuito) / (Cdbl(Me.Combo1.Text) *
Cdbl(Me.txtOculto.Text))
End If
End Sub

Private Sub Combo3_Click()
txtOculto.Text = (Cdbl(Me.Combo2.Text) * Cdbl(Combo3.Text)) / 100
txtCalculo1 = (2 * Cdbl(Me.txtLongitud.Text) * frmModulo.CorrienteCortocircuito) / (Cdbl(Me.Combo1.Text) *
Cdbl(Me.txtOculto.Text))
End Sub

Private Sub Combo4_Click()

```



```
txtOculto3.Text = CDb1(Me.Combo5.Text) / 100
```

```
If (CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text)) = 0 Then
```

```
    txtCalculo3 = 0
```

```
Else
```

```
    txtCalculo3 = (2 * CDb1(Me.txtLongitud3.Text) * frmD3.CorrienteMaxima * frmD3.FactorPotencia) /  
(CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text))
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo5_Click()
```

```
If Me.txtLongitud3.Text = "" Then
```

```
    Me.txtLongitud3.Text = 0
```

```
End If
```

```
If Me.Combo4.Text = "Conductor" Then
```

```
    Me.Combo4.Text = 0
```

```
End If
```

```
txtOculto3.Text = CDb1(Me.Combo5.Text) / 100
```

```
If (CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text)) = 0 Then
```

```
    txtCalculo3.Text = 0
```

```
Else
```

```
    txtCalculo3.Text = (2 * CDb1(Me.txtLongitud3) * frmD3.CorrienteMaximaSalida * frmD3.FactorPotencia) /  
(CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text))
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo7_Click()
```

```
If Me.txtLongitud2.Text = "" Then
```

```
    Me.txtLongitud2.Text = 0
```

```
End If
```

```
txtOculto2.Text = (CDbl(Me.Combo8.Text) * CDb1(Combo7.Text)) / 100
```

```
txtCalculo2 = (2 * CDb1(Me.txtLongitud2.Text) * frmModulo.CorrienteMaximaPotencia *  
frmD4.NumeroPanelesParalelo) / (CDbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia *  
frmD4.NumeroPanelesSerie)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo8_Click()
```

```
txtOculto2.Text = (CDbl(Me.Combo8.Text) * CDb1(Combo7.Text)) / 100
```

```

If (Cdbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia * frmD4.NumeroPanelesSerie) = 0 Then
    txtCalculo2 = 0
Else
    txtCalculo2 = (2 * Cdbl(Me.txtLongitud2.Text) * frmModulo.CorrienteMaximaPotencia *
frmD4.NumeroPanelesParalelo) / (Cdbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia *
frmD4.NumeroPanelesSerie)
End If
End Sub

Private Sub Combo9_Click()
    If Me.Combo8.Text = "Caída de tensión" Then
        Me.Combo8.Text = 0
    End If
    If Me.Combo7.Text = "Tensión" Then
        Me.Combo7.Text = 0
    End If
    txtOculto2.Text = (Cdbl(Me.Combo8.Text) * Cdbl(Combo7.Text)) / 100
    If (Cdbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia * frmD4.NumeroPanelesSerie) = 0 Then
        txtCalculo2 = 0
    Else
        txtCalculo2 = (2 * Cdbl(Me.txtLongitud2.Text) * frmModulo.CorrienteMaximaPotencia *
frmD4.NumeroPanelesParalelo) / (Cdbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia *
frmD4.NumeroPanelesSerie)
    End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
    txtLongitud.Text = frmDistancia.distanciaEntrePanelesFotovoltaicos
End Sub

Private Sub txtLongitud_LostFocus()
    If Me.Combo2.Text = "Caída de tensión" Then
        Me.Combo2.Text = 0
    End If
    If Me.Combo3.Text = "Tensión" Then
        Me.Combo3.Text = 0
    End If
    txtOculto.Text = (Cdbl(Me.Combo2.Text) * Cdbl(Combo3.Text)) / 100
    If (Cdbl(Me.Combo1.Text) * Cdbl(Me.txtOculto.Text)) = 0 Then

```

```

txtCalculo1 = 0
Else
    txtCalculo1 = (2 * CDb1(Me.txtLongitud.Text) * frmModulo.CorrienteCortocircuito) / (CDbl(Me.Combo1.Text) *
    CDb1(Me.txtOculto.Text))
End If
End Sub

Private Sub txtLongitud2_LostFocus()
If Me.Combo8.Text = "Caída de tensión" Then
    Me.Combo8.Text = 0
End If
If Me.Combo7.Text = "Tensión" Then
    Me.Combo7.Text = 0
End If
txtOculto2.Text = (CDbl(Me.Combo8.Text) * CDb1(Combo7.Text)) / 100
If (CDbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia * frmD4.NumeroPanelesSerie) = 0 Then
    txtCalculo2 = 0
Else
    txtCalculo2 = (2 * CDb1(Me.txtLongitud2.Text) * frmModulo.CorrienteMaximaPotencia *
    frmD4.NumeroPanelesParalelo) / (CDbl(Me.txtOculto2.Text) * frmModulo.VoltajeMaximaPotencia *
    frmD4.NumeroPanelesSerie)
End If
End Sub

Private Sub txtLongitud3_LostFocus()
If Me.Combo5.Text = "Caída de tensión" Then
    Me.Combo5.Text = 0
End If
If Me.Combo4.Text = "Conductor" Then
    Me.Combo4.Text = 0
End If
txtOculto3.Text = CDb1(Me.Combo5.Text) / 100
If (CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text)) = 0 Then
    txtCalculo3.Text = 0
Else
    txtCalculo3.Text = (2 * CDb1(Me.txtLongitud3.Text) * frmD3.CorrienteMaximaSalida * frmD3.FactorPotencia) /
    (CDbl(Me.txtOculto3.Text) * 110 * CDb1(Me.Combo4.Text))
End If
End Sub

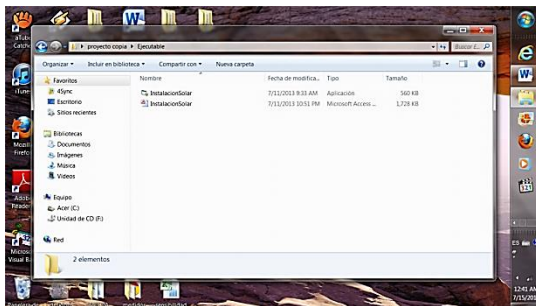
```

ANEXO I

MANUAL DE USUARIO PARA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE COMPUTACIONAL DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Manual del usuario

La siguiente aplicación se encuentra programada en Visual Basic 6.0, este documento permite al usuario tener una idea clara en cuanto a las características de los equipos que son necesarios para la implementación en el emplazamiento, con esto se pretende dar a conocer los resultados técnicos de una instalación solar fotovoltaica.



InstalacionSolar	7/11/2013 9:33 AM	Aplicación	560 KB
InstalacionSolar	7/11/2013 10:51 PM	Microsoft Access ...	1,728 KB

Ejecución del software

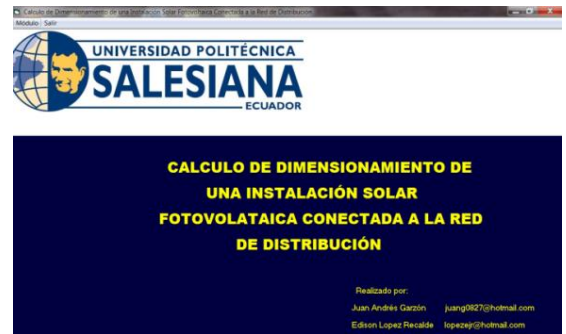
Realizando doble click en el archivo ejecutable del programa se puede iniciar la aplicación del software Instalación Solar.

En la carpeta con similar nombre a la del programa estará incluida la base de datos de los equipos a ser utilizados dentro del análisis para el estudio de un sistema solar fotovoltaico sus registros se los realiza en Microsoft Access para

la facilidad de incremento y manejo del software para su aplicación.

El programa contiene 11 pantallas que serán explicadas para entendimiento y manipulación del usuario a continuación;

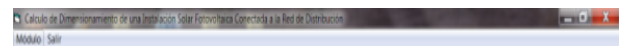
Pantalla de inicio



La pantalla inicial es la de presentación donde contiene:

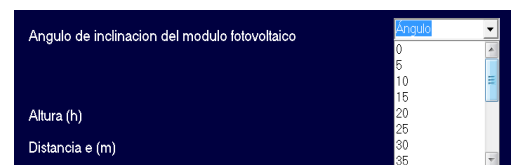
- El título de la aplicación
- Logo de la Institución
- Nombre de los autores

Al dar un click en la pestaña de archivos en el nombre de Modulo se iniciara el programa.

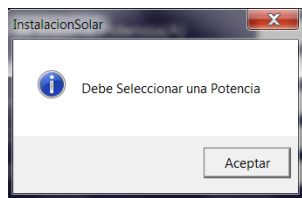


Elección del módulo fotovoltaico

En la siguiente pantalla se puede visualizar los parámetros del módulo fotovoltaico, desplegando una lista de potencias de la base de datos realizada, es imprescindible elegir un valor del módulo para seguir con el dimensionamiento.



Nota. Es imprescindible elegir un valor de potencia de la lista desplegable de opciones para continuar con el programa.



Este boton permite avanzar en cada una de las pantallas del programa.

Siguiente

Temperatura de operación del modulo

En la siguiente pantalla se puede ingresar los datos que el usuario considere adecuados para poder visualizar resultados de temperatura y condiciones de uso del sistema solar fotovoltaico.

Cuadros de resultados.

T.min: Temperatura ambiente diurna minima (°C)	31	Estacion metereologica
T.max: Temperatura ambiente maxima (°C)	31	Estacion metereologica
I. max: Irradiancia maxima (W/m²)	1074	Estacion metereologica
I. max: Irradiancia minima (W/m²)	108	Valor Asumido
Temperatura de operación maxima (°C)	62.9125	
Temperatura de operación minima (°C)	6.225	

Si no se ha ingresado datos de entrada y se pretende continuar el programa automáticamente genera un mensaje de error.



Distancia entre módulos fotovoltaicos

La idea en la siguiente pantalla es que el usuario establezca el ángulo de inclinación del módulo, desplegando una lista de posibilidades.

Voltaje de maxima potencia (V)	17.8
dVmap/dT (V/°C)	0.0623
Temperatura estandar (°C)	
Tp min (°C)	6.225
Variacion T (°C)	
Variacion maxima de voltaje de maxima potencia	
Voltaje maximo de maxima potencia (V)	

No se puede continuar a la siguiente pantalla si no se ha establecido un ángulo de inclinación de la lista desplegable de opciones.



Determinación del área útil.

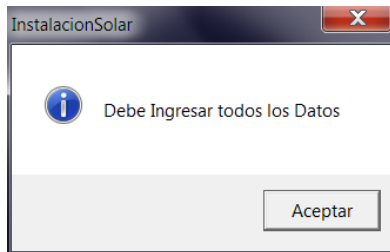
Una vez elegido el ángulo de inclinación, se procede a ingresar los datos del área en donde se piensa realizar la instalación fotovoltaica. Es decir las medidas dedicadas para el área de la implantación del sistema solar fotovoltaico.

Dimensionamiento del Area para el emplazamiento	
Longitud (m)	
Ancho (m)	
Area (m²)	

Una vez ingresados los datos se utiliza la tecla Tab para visualizar los resultados obtenidos.

Datos de la Instalacion Fotovoltaica	
Filas (Largo util)	0
Paneles (Ancho/Ancho Panel)	0
Numero maximo de Paneles F.	0

Como en pantallas anteriores es indispensable ingresar los valores del área para continuar con el programa.



Voltaje de operación extremo del panel fotovoltaico.

Se mostrará una pantalla en donde se debe ingresar el dato de temperatura estándar del sitio, para obtener los resultados de los voltajes de operación extremos del módulo.

Selección del inversor

En la pantalla siguiente se tiene una base de datos, en la cual el usuario podrá desplegar una lista con las posibles potencias de entrada del inversor, arrojando los parámetros técnicos del inversor seleccionado.

Resultados obtenidos

Automáticamente se generan los resultados del dimensionamiento según los datos ingresados en las pantallas anteriores



Numero maximo de paneles en serie	14
Numero minimo de paneles en serie	3
Numero de paneles en serie	11
Numero de paneles en paralelo	2

Numero de paneles en serie	11
Numero de paneles en paralelo	2
Numero de modulos por arreglo	22
Potencia del arreglo (kW)	2.09
Potencia al inversor	1.7765
Voltaje de circuito abierto (V)	250.2469925
Corriente de cortocircuito (A)	11.58
Numero total de arreglos	2

Siguiente

Potencia (kW)	4.18
Numero total de paneles	44
Corriente de cortocircuito (A)	23.16
Tension en el punto de maxima potencia (V)	208.6665075
Inclinacion	10

Protecciones DC

Elemento

I Fusible (A)	6.348
I Seccionador (A)	0

Tablero de conexión

Elemento

I Interruptor magnetotermico (A)	20.1818181818182
I Interruptor general (A)	40.3636363636364
I Interruptor diferencial (mA)	30

Sección del conductor

En la pantalla final dispondremos de una serie de parámetros a seleccionar para obtener el resultado de seccionamiento de los conductores a utilizar en la instalación.

Seccion conductor

Corriente continua

Interconexion entre paneles fotovoltaicos

Longitud: 1.0 (m)

Conductor: 1.0 (mm²)

Caida de tension: 0.0 (V)

Tension: 0.0 (V)

Paneles fotovoltaicos e inversor

Longitud: 1.0 (m)

Conductor: 1.0 (mm²)

Caida de tension: 0.0 (V)

Tension: 0.0 (V)

Inversor a la caja de conexión

Longitud: 1.0 (m)

Conductor: 1.0 (mm²)

Resultado obtenido

Inicio

Al final se dispone de un botón de inicio para empezar nuevamente con el procedimiento indicado en el presente manual.



El programa cuenta con una base de datos de los módulos fotovoltaicos y los inversores actualmente existentes, es posible añadir equipos a la lista ya que esta se actualizara

automáticamente, desarrollando el dimensionamiento como ya se ha mencionado anteriormente.

La base de datos se encuentra desarrollada en Microsoft Access

ANEXO J

DEMANDA FISICA EMPRESA ELECTRICA QUITO (2012)

ABONADOS EMPRESA ELECTRICA QUITO (2012)

DEMANDA FÍSICA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO kWh																								
FECHA	HORAS																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01/04/2012	341491	320986	310859	302731	303786	312162	308082	330194	359494	387214	392576	386487	382699	377710	378764	374569	383484	395663	461098	514845	506585	471974	416284	354835
02/04/2012	316076	301906	291874	295224	303372	343331	396052	439538	485891	504711	524331	528497	524575	525535	533017	535318	532022	509462	563649	615795	595515	544356	475248	408701
03/04/2012	363228	339119	331160	328420	343215	376101	412007	459755	507788	525528	548284	554076	549991	539240	542455	525836	522976	523864	572222	616059	599349	548354	480917	411775
04/04/2012	363662	346906	333719	329441	341705	382251	424396	459198	507751	538046	555989	555229	537016	531207	541864	531147	540146	541291	582337	597711	577149	525824	469191	407045
05/04/2012	364384	347036	336121	334625	342728	367034	404734	436518	486229	504806	518376	513996	503936	488766	482234	480090	471760	468949	515707	553945	542889	494110	441037	386430
06/04/2012	348365	323699	309243	307151	306040	311182	302245	303500	330820	365312	376208	370695	361269	349969	338787	336188	349085	353610	397078	433268	425446	401745	372062	328308
07/04/2012	293369	280917	270309	267547	269993	278951	279706	311338	343662	390038	407489	406326	397972	384921	378676	384602	388014	403244	456397	490595	471967	437609	385092	349491
08/04/2012	315793	294510	283833	281315	278764	291993	279844	298298	325852	353883	381544	378562	381874	377197	369855	379131	391428	408988	480868	517369	498002	435665	389910	335894
09/04/2012	299501	272219	280463	275130	295279	359442	420940	434201	472729	505427	512981	523756	511686	505900	512730	520119	527611	516607	581339	615543	600523	546619	471953	401570
10/04/2012	356330	340061	332636	328778	340128	401061	448465	463874	503939	536980	549765	557647	538110	531816	537143	539888	541213	535395	593232	625058	600711	557672	473624	411304
11/04/2012	365965	337667	318516	327431	345750	407573	466025	474035	507819	540557	535877	562835	541239	527717	540194	540109	538226	530542	589466	630312	612137	560243	483897	413028
12/04/2012	374090	347507	341857	335741	346475	407446	459238	478086	509423	532377	531170	534173	521641	514988	523836	527468	524938	514725	580148	618840	605203	550854	475810	397409
13/04/2012	361095	349764	334211	334836	339724	397390	450283	473203	511451	537251	549992	551209	542427	531763	533782	533452	519267	510020	562376	597378	578582	532580	471493	415360
14/04/2012	370084	344652	338128	329451	333375	347808	348320	376012	424915	456972	471871	454565	460368	446978	436458	432283	426438	426053	497192	526890	517781	479439	431090	379789
15/04/2012	344987	322430	308927	304717	305640	313304	299022	324416	363786	393957	397225	404152	396507	396300	388361	388410	388631	388370	476730	537094	535756	488516	424238	356697
16/04/2012	321302	300769	296676	288463	305461	372568	439655	447852	492170	510074	523849	532248	516433	510519	519860	541338	548997	552817	601552	620803	605577	550480	472788	404099
17/04/2012	362550	345342	332650	329365	343293	399929	451884	462200	504687	533563	542703	544865	535775	531446	545588	548653	543878	548541	609537	629153	610337	552059	478671	412995
18/04/2012	368270	348810	336932	337280	347394	415553	468220	471817	512674	537859	548172	553041	536783	534108	555689	572156	564094	551721	602434	616272	596290	550994	466519	415402
19/04/2012	366225	334914	341873	337180	356081	409939	465265	466942	507356	517406	525860	532348	517020	515861	528410	554780	545357	543775	593648	621216	602412	549035	482077	411136
20/04/2012	372545	349766	335922	335489	340494	404963	452070	458008	502658	527327	545225	553851	544222	533547	542691	541562	538110	516668	561785	586559	576055	530510	466086	403092
21/04/2012	368289	343141	329756	323552	330986	347423	350772	365027	405360	434593	459358	472841	463886	448400	436887	432277	433986	415991	486135	527076	503559	462511	413402	364099
22/04/2012	325954	306883	293731	290099	289527	301154	302784	331564	365647	395998	406516	405623	406469	402138	398791	409517	404936	427218	507953	545170	526470	477841	409001	348734
23/04/2012	311068	292369	282314	283275	302773	375205	428991	440406	478979	497219	512425	527007	510576	505666	532710	548302	559447	540886	583330	620186	595385	545874	472900	401723
24/04/2012	360960	343006	332792	330403	340628	402508	453997	458412	500657	527100	537806	543876	534974	526843	534966	545245	547237	543369	596441	631622	610461	558007	477745	410445
25/04/2012	366799	350925	335913	334986	344987	415324	464198	466169	503445	529526	545333	551846	538669	529034	541461	539323	528126	532683	587064	626070	611921	555512	482155	414916
26/04/2012	372824	351427	341003	343243	346951	418368	463612	471728	502052	521181	528932	533546	521042	508147	520329	532365	532321	534429	586877	618496	601533	543622	469658	406022
27/04/2012	367314	344816	331643	332754	338722	407970	451565	468627	502011	526064	539992	545284	535089	522883	530693	538553	540136	527736	578723	580798	578152	525698	472185	413629
28/04/2012	371458	347199	334020	330328	333463	348368	352445	394132	427501	454929	474878	465818	460813	445827	432612	435425	432283	442922	500290	526185	511628	477035	427532	374156
29/04/2012	340594	322117	311504	306175	307166	309969	305554	327261	370154	390383	401063	403917	398992	394376	384076	383299	391117	403682	489352	531344	520678	477290	413912	355293
30/04/2012	312310	299660	287589	289547	300705	368170	427295	429263	467610	501925	513927	505145	491260	484724	495496	506821	514515	530662	572881	586629	566088	519678	455107	396260
	348896	328351	318206	315823	324153	366481	399256	417386	456150	482607	495324	498449	488777	480784	484614	488608	488993	487996	545595	578609	562805	515057	450719	389655
01/05/2012	356813	333230	322617	315640	323270	321699	314161	339293	391718	428106	442293	441291	434814	427961	421580	417574	427572	433441	500624	539650	527820	473401	405575	350070
02/05/2012	312564	296223	286435	285407	295488	368841	427105	442160	479673	527681	547554	551342	534199	526646	539395	543191	554506	556656	599445	620177	610219	552195	482314	411008
03/05/2012	366495	347113	335544	331264	346190	410534	451802	445034	479503	506140	518736	526070	509072	503502	515128	515704	512048	507310	567258	604909	588397	537356	459228	391942

04/05/2012	347531	325940	326124	329140	345911	410102	462071	463333	501138	527619	533093	546005	528839	522335	527366	526888	523986	509102	563574	594544	580969	537211	470280	412694
05/05/2012	368721	344386	329105	324019	331652	351918	350286	393112	435276	454665	449518	463898	456294	447451	432449	433718	437036	450797	511545	532367	517647	480882	428051	385356
06/05/2012	345305	323087	312610	304500	305903	313571	305209	326828	359539	390516	409012	405092	400999	392985	392233	388607	394687	421385	502787	549958	521776	479114	414114	355655
07/05/2012	313408	299688	289845	287032	300968	378326	436435	441008	474176	501080	512925	525184	515986	509054	521505	533436	530717	521947	589671	624047	606350	551324	477641	408653
08/05/2012	367839	347189	334495	334052	343139	405148	454128	460221	483167	530159	547673	550018	538549	528341	534726	543447	548140	532311	595151	633249	602788	556769	479863	392971
09/05/2012	349235	349516	336638	336768	348904	415268	467612	478762	505128	537389	544612	541136	516981	516849	526429	537326	544296	530662	588925	633409	605763	558702	486027	413580
10/05/2012	375373	351553	338963	334158	348426	413181	457585	461419	485726	529114	541168	549480	533169	532535	542268	553219	542228	541010	600010	620832	611134	558098	484866	417509
11/05/2012	369745	349911	342070	335388	344815	412049	459469	467370	496352	510145	516528	520274	505817	501011	508754	508092	503849	489632	547744	575173	562126	517698	467085	417183
12/05/2012	371591	346725	336121	331810	336043	351766	356996	385460	428001	450817	464550	463893	452303	439654	430192	422142	419960	422975	495750	524698	513449	487031	435661	386204
13/05/2012	350055	328963	316946	306342	306875	314502	307856	325367	362651	385687	397065	392199	380572	360891	360423	353095	357028	376182	460693	506301	506163	469349	408625	348730
14/05/2012	312080	298415	284383	286046	301641	366482	422952	440463	471405	503005	513505	525613	512392	505089	515578	534967	545477	542115	593512	621420	597215	545531	474623	406269
15/05/2012	366657	341498	335885	327944	345360	402362	451447	464775	501986	527095	539856	542019	531688	531385	529067	538423	541287	535082	603139	629228	609089	553068	477053	410486
16/05/2012	372668	352665	339218	340132	352030	417757	463305	473877	513993	538851	548594	555981	539177	526158	544492	545341	545260	533234	593766	636235	615117	555147	483969	414879
17/05/2012	372134	353112	344038	337476	351828	415766	461284	464760	497708	509602	523192	529716	515452	511980	518903	529263	537305	536372	599072	629843	609254	555935	481309	417172
18/05/2012	372118	353974	338076	338383	345843	415643	458698	468278	503485	532129	543812	551424	535800	509557	525185	533756	523759	513547	580133	608064	582281	539031	481993	413310
19/05/2012	378357	353939	336642	335509	336982	357085	358924	396478	427282	458064	471160	479595	471025	450623	442172	429489	421483	425686	494137	536648	522527	478400	433515	382314
20/05/2012	346671	324682	310574	308636	303515	316747	307326	323633	363190	391423	396339	394176	391200	390653	372046	366336	383187	399834	484909	544286	520126	473907	416285	351865
21/05/2012	313720	300461	282675	288590	306369	375449	442488	445738	467004	496619	517846	528528	514933	509051	526296	542875	547134	539833	592523	620082	604588	547735	477136	408485
22/05/2012	364241	347408	338096	334966	348098	405200	455390	472266	509260	528632	527305	548420	539985	535638	545470	549645	545827	532238	595063	630338	610544	555457	474315	409304
23/05/2012	368344	348661	334213	334557	348366	411455	459963	473471	503818	535870	547803	552632	540567	538901	543356	549381	538630	523219	591459	631178	613128	563395	484230	412629
24/05/2012	375675	350876	336684	333881	347337	405923	464231	473641	514862	538845	536802	549542	540660	530755	532833	536405	521830	509811	556315	585371	568977	508883	435794	387901
25/05/2012	359714	340201	323353	321774	323277	341298	328040	354690	397652	416718	429528	430771	423259	410513	404050	399151	395516	397993	478653	530420	515676	473647	427822	369116
26/05/2012	330349	314059	301151	294215	300603	313445	311866	344605	386190	414347	428616	426805	417976	405647	379058	377150	387281	401523	471787	511714	499534	453523	399852	359138
27/05/2012	326561	305934	293791	284560	290602	294468	278901	305154	342546	351606	386090	386829	378044	378806	375300	372539	379080	395807	475755	527021	523333	475551	406355	344583
28/05/2012	307729	292661	287963	284791	302532	366024	425022	437713	480483	500445	515968	527692	511710	504449	513912	519101	517846	521874	593356	620510	603243	547205	474611	406917
29/05/2012	363044	345586	334704	334622	344488	402882	450331	461437	501270	532326	546558	556824	539794	532517	541271	545180	543681	530676	587904	631938	599861	556219	482832	408801
30/05/2012	365714	346093	332292	326759	340993	410644	455568	445960	475932	506696	519004	528745	512733	507931	515706	520320	520161	507612	565481	606896	584692	529360	451436	384482
31/05/2012	343206	321465	311244	311348	321664	381437	426377	437838	474000	499278	514769	519740	508836	501517	513277	516044	513018	502379	556805	596654	579764	528235	452107	386835
	352699	333394	321693	318700	328681	376354	408801	423037	458520	485828	497789	503578	491381	483561	486788	489736	490446	488460	552805	588941	571405	522560	455309	392453
01/06/2012	352092	343992	331087	331706	340981	399818	439428	449576	486133	512513	531272	536162	516014	510314	526814	527309	517828	504642	563727	592829	570453	532417	474668	409849
02/06/2012	373407	347864	331548	330169	335600	342862	356158	388330	427803	455073	465242	463823	458277	449457	426261	415189	421851	423484	494001	529594	515885	482992	426093	377196
03/06/2012	347368	320957	314996	297548	290258	301588	291561	329436	368987	391927	399230	406598	399696	385615	382575	385245	389577	401964	481668	535358	525091	477787	414006	345871
04/06/2012	305439	294086	286416	281007	298854	364642	413386	430592	468224	503621	522900	523389	512610	507420	524981	538042	534526	517347	588175	625529	606357	551036	477593	405226
05/06/2012	366852	346080	333926	333215	343354	403387	449446	458105	501847	533148	540989	555294	536664	534995	546046	543078	534366	519986	580874	623228	613854	557345	481286	414321
06/06/2012	365636	351127	339820	337581	347661	402918	456842	471223	505642	533728	549922	554441	542614	535334	545645	548224	529570	510687	569590	612959	592957	548634	481351	411247
07/06/2012	372251	349036	342390	340437	344508	410096	457483	465565	491919	525577	536165	542459	534761	526587	541331	542587	537779	526399	584796	628991	612876	557792	479166	415641
08/06/2012	372464	353432	344360	336016	353964	410336	455493	463166	498443	510409	523460	529544	518534	510204	517102	517864	516115	521167	583136	602773	582889	542778	474006	418359
09/06/2012	371827	348986	340677	333181	336944	349537	356919	388714	429394	458435	470455	471934	462290	438616	436268	428542	425936	429237	497427	537014	525570	483228	438267	384011
10/06/2012	346141	328436	317173	311171	311529	316213	307307	334310	371436	394053	408991	409624	408175	399768	394630	395638	393359	398424	476274	537694	524663	475581	405584	349336
11/06/2012	315567	295249	290708	290919	299403	365719	420646	442494	482352	502508	515575	526781	514959	508397	516686	529166	529535	524301	585115	624181	605331	552060	475308	407756
12/06/2012	364829	348902	336238	334708	343265	402171	446858	463892	503856	532314	545163	548912	525841	523815	538795	541874	548595	546557	602447	632517	606967	552891	474673	410165
13/06/2012	369669	347722	339040	336196	347503	404947	457744	467548	511996	534766	546087	556068	544728	534291	538790	550719	533295	527948	588143	629903	607229	552498	474847	411896

14/06/2012	368420	352786	341961	337123	349051	401146	452401	470215	504141	517523	529805	534073	522502	513157	521157	526821	522184	525536	590925	632002	596935	551089	484167	416516
15/06/2012	375663	354418	340702	340859	350757	407981	452872	467875	501700	532814	548626	553018	539393	531269	539404	534700	526254	517824	574981	592972	572734	530173	471491	404285
16/06/2012	372529	351552	334104	333511	335572	350371	358797	390657	430006	454743	466989	467129	453804	444292	433592	435650	426502	440154	499644	521175	500480	474377	422739	374729
17/06/2012	343491	322136	312765	304836	300157	307193	304007	319264	360629	382583	378976	393733	386492	377312	379719	383733	383689	399213	456965	525647	511816	469041	408080	350991
18/06/2012	316745	302030	288525	292010	301467	362159	420893	440064	481954	505706	522829	532835	524447	518419	530489	538135	541081	523960	577753	628346	608155	554543	481395	410976
19/06/2012	371018	350453	340844	336690	348616	400698	451619	473218	513846	540743	555997	559440	552244	541616	548217	554346	546752	537467	590946	630789	615508	560015	483310	419245
20/06/2012	372690	353052	345787	340349	358655	407901	461848	473182	508743	538003	556237	546269	532361	536429	545979	549263	541825	535988	586116	632084	607734	552857	476844	411114
21/06/2012	374721	355079	339362	340371	348498	399668	447860	470344	506152	538155	548021	550726	545150	534159	548379	553857	543628	527881	583536	614940	602919	549905	476763	407406
22/06/2012	364950	349332	337287	333086	345987	393161	442583	469573	500123	519219	530761	536808	528292	517159	518847	517071	508621	500025	551390	605821	581240	537882	475754	415341
23/06/2012	371932	345320	338385	333944	333927	350991	346532	379248	423722	443070	466919	462610	454901	440430	432369	423502	419967	410247	476721	532682	519034	477111	428342	381677
24/06/2012	345361	321231	312041	307966	305801	311248	301922	327113	363158	394364	404768	400295	400010	394351	381526	379329	386391	397596	467666	541379	527070	473915	417036	352773
25/06/2012	316416	302534	294526	289448	302027	358899	415837	438808	483279	506021	517818	530002	523592	524204	539231	553164	550791	536915	591553	616052	599564	544154	470193	407437
26/06/2012	364773	344880	340455	335870	342013	391908	440891	461154	509036	538027	552757	553947	548205	541230	543905	545776	542159	533990	580736	628776	601564	543668	473329	403819
27/06/2012	367886	351302	337778	335731	343404	397477	451769	472794	510088	527225	538876	544543	530620	522181	524817	523848	514469	508994	561650	602324	581297	525565	454782	390337
28/06/2012	350573	327593	316490	312832	319743	371351	422028	448310	486387	516785	529863	537425	527196	522796	526866	529872	518257	504912	558220	596267	574998	524366	454294	390730
29/06/2012	347781	323740	312385	310360	320631	367473	417443	440962	484082	516168	525856	532012	523781	514675	513812	511882	500330	488650	534765	563147	547386	503966	443949	388859
30/06/2012	348979	326887	313967	307013	309667	322789	324248	356550	397246	424559	440304	438326	429320	416390	403075	398241	395539	396662	452673	498660	488490	451246	404448	357288
	356582	337006	326525	322862	330327	372555	407427	428409	467077	492793	505695	509941	499916	491829	495577	497422	492692	487939	547720	589188	570902	523030	456792	394813
01/07/2012	320902	301554	290337	284313	285517	291985	279561	308538	351383	365486	399630	397857	396076	384933	384416	377604	375639	387726	457936	521181	510182	464399	404340	344165
02/07/2012	306877	292201	282236	286534	295241	344203	402847	439832	473016	522023	535554	552292	543607	534138	534143	540162	539948	523520	567192	612458	594053	541554	473994	404679
03/07/2012	359298	346848	335583	333514	343372	381494	432345	463614	508291	535794	548169	556527	540507	541603	539694	541188	542636	525845	575086	611446	601650	550820	474402	411858
04/07/2012	366803	352311	340888	338995	342569	390774	439167	476750	511151	543156	541901	547192	550179	542731	544664	541182	537082	525307	563818	617100	599312	543141	482702	417381
05/07/2012	375462	357606	342130	340491	348558	388017	437080	472985	506028	522319	537585	549958	556335	547203	554732	548645	542577	528217	578033	619821	601605	552033	488380	418333
06/07/2012	380054	355134	344145	340110	354037	389639	434578	471379	494465	512878	527463	534814	528639	515290	513272	507124	512850	507032	550880	596794	579412	531506	460886	416612
07/07/2012	379434	352853	343700	332486	341433	349414	348546	377431	416089	456174	470531	469911	459276	444294	437490	427544	418785	424013	478492	531195	520979	481568	426897	383535
08/07/2012	349486	328343	316263	312836	310505	320447	306650	325295	353848	381109	396204	401985	402213	386789	373461	374700	374384	383956	451900	527212	521653	476358	420473	358910
09/07/2012	321782	301261	298502	292586	305408	348007	398903	446307	487583	512647	528844	538118	531382	528661	541695	548235	540287	516452	576114	622047	602737	550607	476320	415103
10/07/2012	374927	351766	344267	340885	348581	387224	424840	472600	513854	545235	560761	563862	562855	545726	551453	550309	548726	553764	596182	619528	594391	550007	480795	416989
11/07/2012	373616	349662	340898	334247	347603	386395	431604	478005	518497	552074	565807	559437	555788	550444	554073	552933	551936	540448	582370	621139	606904	552245	485178	424814
12/07/2012	381119	358123	349541	342088	350510	386208	432611	465053	508132	521487	533512	535959	528899	520991	522138	529353	540364	551448	585319	620568	594869	546030	483816	413176
13/07/2012	375734	353235	341437	336947	347371	387389	430796	470948	515447	543956	556679	560263	550869	543457	539213	525192	535054	516684	556187	606050	583149	543382	484839	425557
14/07/2012	382051	355557	344758	333749	341228	353079	354492	389870	423740	451625	470609	473588	461948	445331	438032	431016	426705	425185	482320	533059	520898	480935	435662	386215
15/07/2012	351354	333126	318615	309485	313736	322976	307439	324912	356400	384155	403888	400436	397547	388166	377876	379242	379546	389277	440235	529403	515322	475692	420217	356271
16/07/2012	325153	302664	297649	296946	305169	341892	393756	441611	490205	508994	527667	536159	531969	525352	527673	535143	534832	525090	568005	617903	601247	549148	488327	417008
17/07/2012	374184	347415	338855	337910	344184	378798	419607	461442	508606	534937	551917	559087	542294	539815	538192	542726	540139	513278	571746	626160	607655	556414	487677	415781
18/07/2012	377747	354912	347871	341337	350538	386043	435197	473629	517408	545849	561685	560904	550714	535999	544217	542228	542323	528434	572904	618207	599827	552475	480924	412992
19/07/2012	379776	354742	346819	339512	348502	384836	421561	470797	509534	544905	562694	564141	555874	546480	544730	551975	539861	522080	568827	618703	594368	541595	482140	415034
20/07/2012	376422	350671	344620	339777	348848	381035	423011	460537	500386	514538	528470	531868	523366	514276	516648	516894	517075	497704	548348	593513	560311	536357	475001	419967
21/07/2012	375778	356404	340060	333783	339411	350881	350291	369132	404688	438353	435776	434817	440579	427405	420843	416875	410241	410625	464121	525316	508273	473915	418665	376387
22/07/2012	343456	322322	308914	304826	302871	308651	293514	319122	359124	382709	397930	394180	392766	381878	358167	377689	376669	394828	458415	521824	509047	476223	408738	356849
23/07/2012	315548	300556	292421	289644	302709	341517	388128	438067	486362	506864	510390	514573	517728	510089	517899	527232	522961	505079	559892	609090	585470	541991	477179	412444
24/07/2012	367165	351138	340841	338122	343549	378677	397642	450145	507809	537073	553052	555936	543667	541850	535969	539652	534533	514616	559391	618524	598417	544067	475584	410379

25/07/2012	362587	353711	334587	338142	345545	378027	424426	464034	509166	535250	553730	559120	552595	540562	542446	542273	539272	484977	538487	607782	599399	546153	479199	412733
26/07/2012	372694	357147	349053	343531	349575	384030	421089	461613	508262	539293	559256	567203	554166	545591	537899	546322	538847	523673	562594	621015	584408	549165	475648	405994
27/07/2012	380971	358568	347676	338550	347426	383384	417771	462283	512602	545368	553174	563925	555234	540983	542692	534300	530717	499436	534969	577001	559891	516020	459075	403229
28/07/2012	361764	338384	325120	319089	320375	334001	330115	359913	401441	431867	444003	443351	436236	419453	408039	397042	390962	390829	452820	505722	494544	456914	406504	362511
29/07/2012	327607	307885	295656	288200	288564	296420	284930	300722	334344	357951	371341	373437	370636	363408	354920	352490	357637	365892	426896	493879	484124	447693	391090	333516
30/07/2012	296746	280343	271709	271093	278711	314861	361781	412779	463459	499795	520028	533025	527133	516025	520047	520723	511357	495806	541703	588647	571845	521678	455900	391435
31/07/2012	350751	329873	321040	317625	324881	356956	394931	435752	486874	521482	537020	543221	531647	519576	523567	518166	514285	498178	544461	602867	592676	548386	484118	419281
	357653	337300	326974	322495	329565	358944	387716	424681	465748	493398	507912	512166	506217	496345	494848	494715	492524	482884	532763	585005	567697	522531	459505	398682
01/08/2012	371504	350905	342972	340670	344115	382849	430052	467652	509412	540627	551104	560388	558811	545035	550784	551895	542938	522748	559902	612264	596472	552487	482404	416926
02/08/2012	374821	357878	346162	339652	351104	377754	423270	464430	513292	541777	552551	565913	555033	543649	548238	549794	542699	522950	572781	606471	597537	552250	482069	419447
03/08/2012	378321	359479	347913	347087	350783	388983	426762	466073	507847	534805	543117	557469	553253	542037	543764	542418	531762	522436	551308	590828	559708	532987	474774	422270
04/08/2012	378449	358859	343546	337548	343279	353537	351763	381506	428646	454859	454245	451563	456096	439554	432887	430642	424890	439520	499347	519761	505409	472167	417026	377558
05/08/2012	351446	325012	317388	311692	309684	318455	303893	317052	355817	380696	397659	396050	387865	380963	373687	375060	371892	382379	449103	512991	508576	469320	411447	360471
06/08/2012	321792	305028	297407	293898	301731	338797	387124	436950	483182	508581	522059	532190	522373	516949	535638	537787	530109	515016	555156	613314	584689	543760	478302	408075
07/08/2012	371153	349820	339083	335885	341509	374353	411786	445044	509959	534416	547233	534495	520714	518329	540365	549085	537743	518939	567502	618276	597769	550862	483617	420451
08/08/2012	379787	352071	345409	343001	346949	376377	417710	462012	514259	539075	535986	544741	553827	542974	539251	545213	539935	526852	561663	618822	596381	546142	483028	419873
09/08/2012	373171	352096	346174	341643	348437	379228	417393	455308	503321	517421	527959	538452	524052	514277	516893	514562	506409	499375	543484	593591	575920	532777	471845	413013
10/08/2012	370875	347294	332765	332085	332443	346031	333664	350411	388509	419882	440191	438483	429203	397131	395610	408835	403289	403062	459425	509964	498392	455723	414270	365410
11/08/2012	333906	309959	301089	296815	300109	309463	304840	324638	365543	383028	419308	413834	410043	399477	389666	386952	388346	388249	449845	499933	488733	450920	404667	364185
12/08/2012	333252	309314	302203	297676	296986	299754	286593	297202	332156	356060	376792	377208	374715	369274	361476	362186	362610	379285	449104	505945	489478	444986	395474	350142
13/08/2012	313448	297706	288499	286508	295587	332947	382411	427956	470253	515758	537670	534078	526187	516621	519256	523073	518774	516484	568195	608196	587389	539409	473793	409877
14/08/2012	364760	349442	336461	336503	342403	374310	413181	456936	506329	543738	554516	561894	546828	535364	536284	540754	537390	521963	567461	606658	600533	550424	483457	417623
15/08/2012	373808	349698	340462	337586	344338	379108	424163	469278	511355	543698	550379	554092	544574	531385	536785	544637	527800	518682	566600	606568	596200	546918	481628	419571
16/08/2012	370009	350775	337167	341846	346717	381375	422916	460247	505822	539003	554360	552181	540165	536145	537440	533380	529150	509576	559244	617430	594602	549432	481126	417292
17/08/2012	372760	352592	341984	339293	345774	380580	420241	457618	496126	517326	527188	529366	520753	511722	516262	513509	517740	521236	558258	586175	571114	528587	471032	418148
18/08/2012	376949	341820	340456	334670	335010	337230	339193	371823	419473	444603	467960	461195	453510	438519	425291	423681	416915	420254	480128	519202	506960	473279	428611	381864
19/08/2012	346264	325947	314070	309855	309524	315075	303165	317864	352639	374401	394783	390008	385904	377663	375216	370507	376985	379915	447289	515381	510949	468186	406228	339680
20/08/2012	299977	281202	273015	271785	279511	316480	362211	412178	469868	516992	540689	546226	540945	534189	536668	537437	530909	515688	552711	605354	585271	541260	476830	411006
21/08/2012	373945	346052	328483	330137	339176	371007	402726	445642	503394	538940	548307	558785	549347	539209	542594	542068	528966	517329	564400	610505	597790	555219	484567	423295
22/08/2012	373636	348919	341976	335107	346484	377399	422474	464714	507338	526595	537775	541955	543819	538432	540348	542843	536807	523579	572917	618618	598288	549054	483170	419337
23/08/2012	369400	354756	348180	340859	348560	380810	420133	454330	500117	519843	532231	533936	524920	515240	520445	524162	524713	516170	568216	618648	601264	552910	490963	426357
24/08/2012	382315	354989	344391	341318	349712	376231	419304	455095	509794	535765	552432	558117	554149	530339	532772	537416	527241	510497	556972	594163	579685	535106	477382	423957
25/08/2012	379637	350565	340418	324224	316407	327703	335338	367489	411839	446861	456778	455916	447593	436666	427713	417171	421116	419105	485365	523547	513751	469725	421475	378323
26/08/2012	342511	321065	308372	304159	305946	307369	300505	316697	350555	375348	386601	386253	384598	374876	374829	353587	353190	362190	427550	497372	488055	449096	389866	33137
27/08/2012	296514	278502	271183	269751	278136	317316	362334	415019	467956	505184	523809	529820	523389	512806	513698	515183	506636	492787	540540	584400	575104	525919	454947	390322
28/08/2012	348011	328127	319327	315303	322104	354321	389217	435212	487395	525246	540892	541882	529204	516941	521930	527024	522599	514346	563998	605048	585225	532209	464389	394284
29/08/2012	351424	329445	318786	318732	325420	359284	401942	444676	492310	525786	537270	540758	529503	520279	522547	525730	517246	504101	561980	595196	577579	527632	462906	393782
30/08/2012	353658	335225	323422	319463	326624	362886	398117	435413	485416	513730	533319	539775	513390	513137	515582	515761	513385	499359	551018	593018	572753	523886	458339	392460
31/08/2012	348802	326566	316333	313184	323328	356703	393860	439768	487955	513199	521571	531398	524440	511068	509406	507308	495426	477103	538332	593238	572507	535390	475484	421378
	357300	335520	325648	322191	327351	353346	380912	416653	462835	491395	505379	508336	500942	490331	491398	491925	486632	479393	530638	577448	561745	518001	456939	398371
01/09/2012	377414	351640	340665	332014	335743	345384	341997	370150	415907	448369	458962	462361	454031	432293	424498	414943	410572	418198	477932	527209	513821	483462	430429	373941

02/09/2012	340681	324325	310963	309103	307267	311045	303076	322077	358062	386372	400998	399977	387643	380825	375167	373948	378247	391831	464302	532190	523552	476825	417207	351720
03/09/2012	315599	299417	291584	291781	299984	361431	410326	439557	483262	515838	542511	546608	534253	518417	518125	516029	521341	522424	576840	625329	609299	555962	482225	412195
04/09/2012	370992	348701	338136	335089	347122	395211	440480	463369	508879	534545	555890	562455	547296	540211	542552	546352	545931	541094	598130	642559	622081	560830	489517	416300
05/09/2012	371392	352440	338919	342666	349338	420695	473184	469845	497652	528471	553213	557304	543642	534581	543052	542863	540716	534061	592092	635678	614370	560769	484221	410250
06/09/2012	373079	353272	345771	340930	354004	415551	457981	463205	499866	513210	526692	532391	520115	515499	525740	530490	527056	528186	590676	637508	617655	563694	488095	423755
07/09/2012	378240	356166	345490	339003	355620	425327	466151	469082	509992	537668	556469	559711	548280	533140	543365	541595	520932	505938	561134	602024	589174	540810	476174	418137
08/09/2012	379709	357097	346115	337189	340836	350987	344168	385654	428768	461771	480722	467215	461205	450103	437326	436202	427032	426763	491920	539085	526148	494171	443536	385037
09/09/2012	347973	330356	315374	313217	307668	314348	299833	327977	362338	393573	408096	411026	396811	394133	384445	379581	386170	399600	487582	554272	543640	493699	420917	357606
10/09/2012	321233	305988	299623	298513	312490	390494	437860	438356	472201	501356	521880	532870	518623	519881	535032	547025	541039	527366	591428	631490	616867	561053	482764	419579
11/09/2012	372728	352150	341580	339650	348095	417339	458835	464470	511757	534531	549749	538729	544282	539648	547750	554070	543733	534157	594168	647097	619580	565835	482897	417089
12/09/2012	372378	356361	343869	342226	352813	429722	471325	475403	514655	533364	551839	557478	538775	536806	551402	554185	551319	546014	601555	642703	618240	562147	489670	419462
13/09/2012	375258	356509	347587	328224	336768	402162	450337	467558	504745	534280	552993	557589	544165	536946	539804	548952	545901	537809	597382	640321	615045	561479	490375	415259
14/09/2012	379444	354332	341982	343236	354119	422831	463107	461648	498293	507278	520206	528395	514587	506165	513054	524588	518340	513631	570076	609443	585672	538860	470605	402736
15/09/2012	376300	356259	337499	336787	338219	351048	347683	386848	431374	460578	479398	477807	467703	453671	440376	434010	431555	428524	501004	551574	531607	492291	436397	386204
16/09/2012	351466	325262	313086	310060	309878	317428	302863	329369	366926	389844	407667	410058	405014	398789	393640	382457	387917	408157	496044	557852	545458	493823	418266	359196
17/09/2012	320384	302162	297977	289935	309482	392298	434790	443984	480887	503938	526494	538423	524817	516961	527786	549251	547672	527904	601779	625198	612635	560455	485621	416628
18/09/2012	375816	356447	345221	344386	355312	424406	466594	469371	509918	537487	549160	554803	545284	538793	551156	554633	552594	546098	612928	647591	629017	566030	493435	420749
19/09/2012	380845	354014	345708	340931	356781	430956	465709	473664	511846	525444	535211	550142	543700	544251	556455	562469	576074	555095	604191	643912	626970	570399	492114	424867
20/09/2012	383132	361616	348848	347526	360552	422167	463164	465330	492378	510537	525550	534115	519317	514675	524358	529697	529608	534326	603381	643466	622138	563613	486111	419379
21/09/2012	379690	360009	345500	346038	355945	425587	468749	466950	504454	537063	549794	543502	536457	534239	544440	543169	532957	517675	581484	609397	593574	535264	483413	424928
22/09/2012	379047	361032	347574	336695	342421	358305	356527	394948	436753	468885	481507	483296	472071	458727	449759	443882	437421	443085	515967	536005	524996	485383	428726	385112
23/09/2012	346763	330732	317846	309875	308163	311012	298462	321037	366312	390831	405699	407481	404580	399893	387827	388083	397417	419562	511741	553170	528420	480002	410461	349433
24/09/2012	319111	299983	296238	292441	310832	389483	430930	443613	476836	499328	517918	528857	518079	513646	539828	560110	566332	557517	600704	619875	595501	546692	467171	406179
25/09/2012	365586	348272	337780	339092	352794	416861	453309	468925	503584	535777	549618	558771	539177	533472	552942	567336	573112	570242	625933	631305	604767	551653	476135	414156
26/09/2012	353653	346421	340462	335674	347621	425519	469224	479323	504503	532713	540478	550853	522376	515407	525942	527666	525193	535249	596650	620139	593294	539900	464348	395709
27/09/2012	352329	330616	321464	318011	329562	394851	435548	441020	482092	511528	524042	533500	517795	513349	527662	531082	532928	532937	588862	615454	592249	536734	461027	394471
28/09/2012	354607	333069	320863	315951	329353	398238	437423	443809	483589	511017	526448	534561	519627	508224	517941	523682	533028	523949	564450	584552	561391	510659	449269	394236
29/09/2012	353956	331790	317280	309771	311703	317909	320247	363611	409514	439330	452129	449768	442804	426340	415091	409970	403817	407595	483122	517090	502255	463313	407663	357813
30/09/2012	322379	299630	290847	285118	284025	288921	281071	306433	342499	366892	381591	379445	376262	370447	363552	360599	366243	381406	478874	542591	534549	479154	411269	346833
	359706	339869	329001	325038	333484	382251	408365	423886	462328	488394	504431	508316	496959	489318	493335	495964	495073	493880	558744	598869	580466	529832	460669	397299
01/10/2012	307090	294824	288135	287611	306566	382037	424823	439145	482089	518235	539379	550331	529209	530417	539007	547411	541447	534422	602084	627648	612093	556118	479652	410900
02/10/2012	365980	350823	341418	336064	347943	421573	456544	462063	505466	531544	549149	557011	543729	533838	547794	552574	546190	564823	626768	641591	618024	565640	482428	423069
03/10/2012	379255	357674	347977	344706	359829	434311	474837	472344	514266	546684	551535	566992	548981	543235	557606	560120	562502	581179	632109	640999	618502	564430	481818	412296
04/10/2012	375866	358731	350255	348045	359431	427226	466389	472252	507499	522707	533300	539234	519990	514972	527423	556921	568480	564349	625167	646397	614352	559505	487124	419605
05/10/2012	378693	358630	350886	349682	359342	431145	475134	481539	518418	544588	554038	560306	548894	542176	553888	559611	551033	554110	601629	608716	590805	540704	479418	420879
06/10/2012	382788	361445	346863	338981	345054	358389	358398	389509	433057	457928	475178	480849	479199	460421	442685	443032	449562	455924	513818	529221	528867	485434	430368	385959
07/10/2012	351775	328912	312184	310306	310098	320248	308433	334404	373013	402332	413801	412874	411265	402566	404816	410382	423734	455624	525031	560000	527865	480834	406135	350161
08/10/2012	317830	291913	293312	293278	311481	393703	446408	447417	484009	508356	521170	532329	518096	512068	523763	540458	550471	571049	618419	634008	613449	556780	480170	411258
09/10/2012	371460	351128	341615	343147	355379	417948	459924	466907	511349	536483	554636	560838	543593	537849	549828	552955	553679	558109	627061	652821	630342	567053	491497	422824
10/10/2012	380705	359209	347438	345121	362597	435506	473536	475398	510848	539862	554125	561883	550321	543811	555016	571640	594877	584009	620403	635490	623573	565852	487834	417911
11/10/2012	378749	358742	348064	348203	361798	430123	462930	472840	507535	540337	550588	562569	544105	534112	539449	546709	537749	541162	597958	620802	593919	543843	481439	421023
12/10/2012	379705	362351	345649	343111	347730	365193	354639	384299	428457	444486	454212	457244	448852	438243	427166	422698	423183	447734	524225	545842	519596	478757	431557	383826

13/10/2012	348509	333416	320757	315733	319000	325705	318828	355726	396999	425725	443669	440878	435521	420758	412140	415084	414293	425825	504141	524294	505453	469081	410877	371880
14/10/2012	339914	319813	301779	299474	303961	309034	303963	325271	359316	379616	397564	395238	393578	385799	382410	376985	379997	430127	516986	548723	523626	473763	401128	343117
15/10/2012	313393	298359	286946	287904	308164	385248	428119	441429	479400	509014	522587	535584	518588	512958	529691	551939	564806	588244	638017	626373	601086	551968	477231	416112
16/10/2012	372925	356709	346553	342872	353389	423547	467486	476030	512435	533766	555044	562389	543699	545733	556884	566759	565411	556919	632135	642946	612934	554043	481196	417084
17/10/2012	373978	358966	345910	345796	358353	425835	477864	478025	528552	555534	566151	563394	536275	526101	539133	563975	554527	557983	629402	640431	616727	564157	490129	421502
18/10/2012	382348	356121	342794	346727	363473	431381	475417	486281	513643	524910	539148	543087	529477	528240	545043	558513	562690	569313	636935	643737	617276	558921	490349	418276
19/10/2012	377998	358695	330546	337672	354681	424079	476193	475254	522950	546417	561364	565794	544912	533222	537507	545469	533756	525577	604271	611442	584386	542647	481797	418010
20/10/2012	382869	356852	339904	340424	337662	355341	360644	390447	432392	462027	471129	475358	467314	447949	429262	422878	423542	433171	523880	539875	531520	489628	440085	383497
21/10/2012	354760	334735	322621	318421	314197	323739	311971	336936	363274	396579	404544	406207	406299	397896	392166	377017	391890	405567	509734	562556	541501	484975	413885	354523
22/10/2012	320418	301916	299340	287747	308883	385814	430054	442793	489433	506635	523876	536488	521072	513902	524026	526803	519508	515138	611909	637710	622142	559797	481832	417422
23/10/2012	377993	355913	348916	342139	359856	419824	454669	470223	506450	546696	558506	568768	550443	548887	562201	576073	580862	598894	646842	642623	619856	559398	483674	416086
24/10/2012	381360	363367	349621	350595	359501	430255	494627	501560	537840	568336	572867	578021	560143	541847	558431	562197	555040	555424	634513	645540	613528	565939	496160	426079
25/10/2012	378391	356411	349841	344911	354805	423053	467566	479284	510402	535064	557106	557516	543524	540501	545071	552847	549523	549481	635457	647134	621277	564590	498174	425496
26/10/2012	382468	364162	349763	348766	359645	429441	473102	477162	511582	520869	522828	528966	515240	507603	533404	542963	539330	531024	604872	620508	591286	541193	465172	420847
27/10/2012	388721	350890	340160	338176	342478	353635	358810	391427	432975	464064	473567	478568	467212	448471	441997	432367	430085	435810	507190	542171	527992	487105	431543	387321
28/10/2012	343409	331370	312784	309794	307494	310860	303915	331993	373496	403260	418297	419567	407298	404952	398798	396054	400276	415466	511839	560977	545701	491358	414857	341981
29/10/2012	302536	285482	277960	277464	292908	367135	411043	424179	474735	511476	532866	547781	530794	518845	527873	533735	535508	545961	606004	619690	594695	536893	467926	401112
30/10/2012	359275	335344	324731	320532	336200	403660	444621	455538	495640	518276	532140	541377	528047	518618	534592	542661	548615	559372	613470	622502	596517	537258	461962	395979
31/10/2012	355707	334497	324363	320206	333775	404729	449609	465124	504182	527227	537298	542838	525938	521131	528857	538988	547395	565102	615644	629134	616464	562692	484352	426153
	361512	341529	329971	327858	338570	391926	421629	435574	474894	500937	514247	520332	506826	498617	504772	511220	512902	521835	590255	608126	586302	534205	464251	402651
01/11/2012	374390	357219	340389	341054	353809	422920	459918	452398	503188	532414	540558	546317	534022	524746	533992	537396	530981	534312	584610	593692	578197	524620	475087	414562
02/11/2012	369228	352936	340761	336584	339751	342183	328521	349651	388959	418554	424929	420498	409037	395483	387500	383013	389278	407218	477716	487082	474416	443061	399938	352264
03/11/2012	321103	300934	294908	285949	280545	291803	290061	325602	359649	389207	402089	402956	399861	389009	384179	382830	391835	410151	472156	492088	474279	438502	391334	350137
04/11/2012	317267	299906	288952	279939	285615	289953	282060	289663	324954	353033	377655	373648	385043	385145	375230	378166	384724	436060	530924	545989	520864	461399	398777	346168
05/11/2012	311776	296134	285753	288349	302231	385623	439160	444783	483447	502490	519649	531460	515509	512169	550429	567309	565600	565876	625252	630303	607973	556483	480046	416953
06/11/2012	375859	355737	346497	339795	356633	420521	463185	475735	510008	542190	549597	552563	524789	537013	556565	570046	576074	577624	638110	642526	615520	564210	490483	422309
07/11/2012	377452	359209	350715	345822	360207	433934	480437	489616	522410	544091	556547	564649	547349	539797	552645	555043	552795	546509	632319	633038	614260	565771	495477	427121
08/11/2012	380524	357934	343988	345662	357557	422639	465646	473465	510689	544754	555644	557402	545677	544890	558948	557789	558346	551945	629968	648925	620960	562848	495217	430932
09/11/2012	383245	364544	353132	347236	359834	431325	473752	477110	506560	535542	536037	539502	527652	518988	524591	524336	520567	517406	593330	619461	598876	549459	494251	430231
10/11/2012	383074	362799	352342	346491	350642	361521	368321	398380	446801	472994	483677	484702	480853	467098	442105	442207	453537	461650	537368	546314	526597	489454	438176	392118
11/11/2012	361932	332922	317387	315243	317399	325872	316374	340377	374924	399543	419270	419769	412332	408598	402957	410641	431567	465538	541149	556485	532798	483258	413882	360356
12/11/2012	327790	304797	300127	299070	315835	389906	444151	450071	493963	512373	529600	541469	527258	537357	570587	579290	598133	605076	641726	639170	616744	563517	485514	414426
13/11/2012	376604	347438	340326	343683	356792	425448	469596	477902	522083	545389	559592	567106	552092	551809	562797	563976	582892	584953	645698	639304	614830	560581	494498	426523
14/11/2012	380714	358758	352683	348527	359421	436146	483802	489657	528927	548973	567431	573302	556354	553900	567430	579561	568485	562387	623241	639953	615655	569802	493633	421017
15/11/2012	384935	359498	350899	350265	360248	430245	470453	478468	514521	523458	533798	550832	533793	525691	534787	542115	545956	550278	629149	646942	624158	573178	496108	431177
16/11/2012	389694	367246	354892	349231	355949	428723	476641	480155	502230	541502	559259	564803	545560	542387	542163	541281	533080	522537	595546	612899	588647	546164	488626	425557
17/11/2012	386736	359924	348435	337612	340967	354820	351812	389371	433072	452557	468543	472412	463258	434515	442356	435944	428496	434309	523404	545259	527379	493379	435923	389183
18/11/2012	354236	326859	318528	315521	315342	316271	309936	329686	369848	393794	403353	403007	403173	392889	386750	392938	397522	414558	521121	558401	545123	489440	411651	353211
19/11/2012	318185	304778	299067	298499	315677	390260	446357	456359	494108	528118	522143	537398	524130	517692	527817	536962	548387	552631	623430	649989	623101	564353	488428	421899
20/11/2012	375338	355274	350129	346496	362411	425936	466698	479067	514473	550155	562451	569194	534018	531612	550658	556339	558224	556605	638820	653361	630211	575796	499114	425381
21/11/2012	390414	366438	356322	353061	365028	439625	479708	489512	518520	541920	563094	573558	553270	551721	558584	562068	570662	579936	650459	654172	622640	571759	501487	430514
22/11/2012	387783	368083	356966	353951	363958	436961	479252	480169	505045	528125	542690	566048	555722	548109	558514	570594	565244	572033	639967	647192	623084	568248	494735	429332

23/11/2012	387041	363276	354043	343860	363561	429244	470731	472933	505104	524692	537486	542161	525253	518566	527071	544083	540760	540352	613779	620703	604786	550122	486693	430849
24/11/2012	386380	365015	348803	342920	348619	363483	373163	407817	448637	473679	483521	482080	474785	461997	452755	428952	154585	160191	260240	477621	485832	451544	409231	382023
25/11/2012	354651	330056	320572	316312	312630	315490	309234	338937	371359	396576	408268	412630	409771	401537	395373	397154	406257	428381	521539	565124	531482	488827	422762	359107
26/11/2012	320602	308846	298832	297555	316161	392744	441886	452169	494794	523931	551800	566706	553993	542478	559003	567201	567245	559287	625365	642947	604673	545444	472802	409491
27/11/2012	377162	357172	347986	347147	360682	413192	464481	473634	510762	543024	557728	565722	553186	549470	560142	569031	575419	578248	640887	656190	627949	577505	493912	426950
28/11/2012	381603	359546	355786	351328	361384	441370	485286	492394	526322	557919	566691	576415	561137	553737	570054	573769	566738	587687	651051	652615	625850	570175	489678	424517
29/11/2012	385855	370949	355161	350030	366002	425377	471221	477428	513784	548034	565081	570917	556473	550393	559997	578958	586948	586424	642581	631404	605916	551521	474953	402654
30/11/2012	361880	337282	327264	322969	336975	403331	447856	451821	484713	516366	528108	532432	511493	512287	534392	539079	527399	522317	581870	604064	590620	546469	484343	426695
	366115	345050	335055	331339	341395	392895	423657	436144	472795	499513	512543	518722	505895	500036	507679	512269	505924	512416	584426	604440	582447	533230	466559	405789
01/12/2012	388337	365351	349886	346095	345356	367273	373220	403632	444789	466254	476332	467281	463776	453618	442084	433881	431473	450474	526994	554633	532441	482143	437943	394388
02/12/2012	358317	339375	322733	317630	316926	320005	306300	329128	371521	394691	407411	408316	403028	401587	390011	389376	387254	405054	508039	563992	550913	499084	427551	368234
03/12/2012	327004	303043	300269	302241	313410	388071	437901	448559	490920	527884	548791	565870	547250	538150	555571	554334	548667	547761	615162	652811	634494	578707	504524	431435
04/12/2012	386293	367729	349785	346759	360452	427948	478593	486932	517484	527598	536591	543640	531054	529780	551435	557785	551659	554580	625482	655397	634554	580129	499666	435771
05/12/2012	383653	361826	352020	349845	362241	432383	481476	489722	520010	544576	557705	563742	550468	540943	543305	538784	530505	525306	595216	618325	582363	528704	466680	412855
06/12/2012	384543	366999	350787	346602	346265	356699	349130	370498	417550	458841	482590	483770	476983	455461	432959	448469	447698	450823	541478	582029	562113	514882	453839	397515
07/12/2012	364841	342237	328620	327998	339591	395055	437986	453678	486582	503284	520031	525142	512104	503512	508060	508596	518370	518570	593521	618263	595506	550691	486684	422002
08/12/2012	382907	356412	345082	336529	339062	355818	349759	387874	425221	460999	476757	473225	474183	457160	449769	441726	435684	439452	518893	560967	550713	503122	454372	401167
09/12/2012	362968	334434	326683	315429	317106	325482	315856	337434	380032	406048	417869	419232	411586	406558	400657	394915	397284	419120	511525	580217	566050	513680	440880	375146
10/12/2012	336490	310873	308122	309489	317994	395216	458706	463869	503134	519925	537510	549609	532456	525068	532877	540815	554240	563082	631773	662276	635865	588196	510526	437077
11/12/2012	391281	371552	358953	354003	365779	430241	472948	482141	522242	556891	565888	572060	557186	547733	554698	567457	563453	564145	644992	668375	646394	599789	513059	435850
12/12/2012	389384	375880	361188	355967	372519	439657	492505	490498	524813	552828	567424	574478	560702	556982	560083	567693	568919	570124	640837	664581	644487	596299	516863	443967
13/12/2012	396414	367444	361255	355696	370983	434677	485103	495785	536704	545343	548392	556814	544549	535502	541014	546522	553803	544258	603095	647139	634587	588184	514237	443441
14/12/2012	391307	373260	356480	349496	346397	428594	474125	477729	520174	549471	559854	568195	555174	543858	547867	545667	544223	523441	591882	630316	611472	569217	505947	440389
15/12/2012	395262	364273	354651	343984	348046	346716	346105	377413	416153	437389	448530	448011	438651	427841	417728	420060	430141	430341	496123	568364	552854	510381	456100	400062
16/12/2012	357253	334342	319517	315576	314849	319233	308968	340811	379259	396012	409893	410050	404284	402499	395455	391644	397952	417847	508448	573722	571523	527248	453916	379465
17/12/2012	338785	317199	307758	308822	319190	389480	439836	448953	492587	508675	528035	536469	523778	518877	529530	530280	535345	541557	610179	657729	642959	592642	517505	432654
18/12/2012	387748	363924	347463	349045	360307	417795	463630	475539	514902	543759	559916	563252	551401	544065	557465	561666	556994	557810	625092	657046	643204	601237	523009	440643
19/12/2012	392230	366207	353162	345295	350628	431306	486362	479630	527895	550625	561416	570549	554177	554503	568150	571631	564305	563261	624935	653088	621705	595635	521448	447729
20/12/2012	389921	368561	355317	352353	363350	428876	476816	482701	516349	535388	556504	558125	550777	541948	552219	551226	545586	545426	608244	636706	624260	593482	517520	445341
21/12/2012	388003	360058	343774	346115	358600	419146	472135	486930	508392	516757	523507	529941	523815	514559	517880	506320	506480	502353	564175	603529	590960	557720	492958	422538
22/12/2012	374433	349396	336023	328435	333247	343225	348697	375994	418215	440751	455046	459319	448046	434278	427195	418099	421566	415462	494347	542573	532143	495264	455810	398225
23/12/2012	358093	316072	314732	299807	304145	318187	301143	328406	351417	375062	387083	381362	376138	369141	362097	357486	360976	380490	451121	499900	496524	466439	412211	352113
24/12/2012	309328	286633	273745	269195	273039	286458	288233	329355	379223	417778	433911	429663	417752	408354	403648	395730	394426	406221	476051	514957	478301	445322	405218	374709
25/12/2012	343847	315825	290090	273389	266429	266809	242028	258395	289385	320760	342656	352424	351341	344691	338021	337029	350766	369183	428059	480620	476698	431367	369352	315829
26/12/2012	284122	267615	260229	259337	271283	322373	362607	394322	450833	490365	508252	523599	510763	502087	510305	515212	504970	495484	558953	611463	595412	544040	469866	399866
27/12/2012	348377	327969	318030	313147	323050	374484	409205	427017	465387	487520	509783	518925	500286	498792	502811	501345	502764	489969	543628	601395	591948	544250	472962	402073
28/12/2012	361971	333893	318114	302656	310665	356342	392381	403916	443177	472951	486881	489364	475134	466345	465327	464118	456899	452430	501537	552440	537459	491533	430199	369220
29/12/2012	327137	303818	291562	285757	286571	297255	288099	317242	360587	390863	407584	407979	400769	391109	380442	371098	367486	370220	429825	489389	482238	444453	393026	343139
30/12/2012	306490	283567	270203	264302	265839	272553	259314	279869	312046	336877	351710	350923	343807	335362	328339	325785	324493	337057	407489	461300	494961	414817	367705	318393
31/12/2012	281853	259709	249858	246212	249758	260977	256131	280360	320200	355674	375705	377276	369211	358183	348869	349594	348436	356292	405897	442467	420722	390300	369838	355510
	360922	337273	325035	319910	326228	366075	388881	406591	445393	470704	485470	489632	479375	471244	471480	471108	471055	474439	544613	587291	570663	527063	463271	401185

01/01/2013	339574	315914	285153	264978	253591	247523	222732	213655	230934	251674	269686	282759	286240	285092	282443	281658	285272	303283	377792	440632	431240	392247	337372	287105
02/01/2013	256889	242419	235183	233794	246089	302101	345776	373791	418903	464849	482995	498386	485681	483212	490624	492000	490019	488955	550440	594043	578727	525502	448460	379434
03/01/2013	341004	316666	310918	311760	308575	371699	411876	424244	464223	495078	503925	511993	501515	500507	507889	510642	513674	505651	574138	618220	599755	532154	467596	402355
04/01/2013	358564	335941	324933	318635	331110	390280	439346	437129	478668	496660	516328	527120	512156	512886	518681	520199	520362	512889	563984	593757	570766	538532	475407	411292
05/01/2013	364238	340292	327121	326068	326150	351110	365155	385136	434201	464455	487931	491482	481881	444284	446860	445970	447317	447420	506627	551073	545922	497275	432767	382549
06/01/2013	354995	318525	306843	301579	305836	317844	307299	316459	364295	393296	413099	412867	406727	403345	394245	390540	394991	404782	482095	555973	548012	498182	427915	363471
07/01/2013	323287	300945	296126	294279	309536	376551	436606	437995	480809	497598	519057	525962	511867	508225	518965	533654	522067	520652	567736	628800	615082	565444	484705	420611
08/01/2013	372020	351360	341959	337592	347205	407502	455628	460878	502741	535559	545806	556590	543416	533683	549673	551476	546133	532245	580680	639832	621064	566641	497654	425096
09/01/2013	372232	355502	344642	345541	356711	424611	475004	478864	517468	543851	560595	566781	551805	544431	550885	558741	559733	554697	594902	644767	626469	573879	504381	426439
10/01/2013	387261	362836	352929	346195	355555	423170	475311	473902	511719	524877	535399	545106	532550	530101	536470	538590	539295	536022	587588	648952	628862	573889	502599	433510
11/01/2013	384973	365929	349590	350924	360079	421610	474468	477954	512976	546465	556694	565516	550784	545980	559878	559553	548672	537442	578223	623967	602360	559170	498978	439758
12/01/2013	391850	370691	357813	347805	350809	370593	383673	407258	448751	477467	490454	495195	492857	476541	465217	455771	450029	446310	513853	553074	540641	500136	452423	396151
13/01/2013	356069	333788	316857	312613	317394	315623	314754	323885	365165	402411	423514	416300	410504	409372	394836	397403	299682	197627	399283	534485	537836	497911	428119	365401
14/01/2013	326675	307622	300786	298251	316767	388642	450658	464259	493653	522852	533275	548590	534475	527485	533602	553884	543953	557084	611931	645637	625200	569902	490666	425245
15/01/2013	380302	358991	352541	348223	354941	419157	465473	472831	511087	548645	562444	567992	557601	548722	559335	557694	550525	552316	594880	651059	632673	572863	504250	431832
16/01/2013	380518	362131	355049	349751	362720	435397	492870	491170	527063	556796	567975	580797	565452	556235	563416	572072	560927	542345	587646	652975	638779	581222	502116	433136
17/01/2013	383328	365673	354825	355988	365190	432899	488487	488901	528436	553415	569209	577757	556405	555656	562442	567187	560314	551602	601481	644859	634323	580565	507878	432471
18/01/2013	389691	372203	359211	359215	369957	436900	493332	489173	520208	535776	545528	551577	535856	528926	536417	552446	548429	536479	566634	623701	591553	545200	497883	431696
19/01/2013	391317	369079	349615	346119	349755	368285	372424	401356	441337	470968	491940	490552	485412	470199	456721	454539	440865	438513	490528	558354	541043	512332	457194	400517
20/01/2013	360615	335679	323115	316525	318088	320689	318067	322955	364795	400359	408780	412693	415124	412274	404834	402304	391598	408820	474796	564792	562520	508086	432149	366681
21/01/2013	323741	307711	304978	301369	318167	390560	455125	459776	496919	522799	545278	559961	545394	539171	551039	551360	547937	547350	588358	654376	638841	581092	508567	433943
22/01/2013	391941	373693	360547	355415	370740	429817	481588	487095	524336	553341	569482	580121	570146	564831	572705	574839	571310	562881	597999	658988	644055	586130	504894	435814
23/01/2013	394373	368377	358822	360256	373609	439766	496441	496573	531992	563225	577493	583187	571975	563128	577512	578312	577477	560303	594328	651856	629307	575709	506685	436754
24/01/2013	393037	375046	362688	362530	368281	436172	496124	490318	525995	553606	553529	561209	550267	542348	567539	582345	593741	593300	619499	654648	629628	568238	499362	419647
25/01/2013	367000	355161	359289	359742	368887	432705	488994	490755	526812	555058	572825	582816	571128	563328	562432	566021	556692	546193	573699	617299	606565	559955	497232	436979
26/01/2013	389302	371453	354630	353883	353734	371916	376615	402998	448404	474133	490742	490833	483226	469596	456198	452011	446794	446494	492693	556285	552073	504618	444012	402724
27/01/2013	361645	335928	326239	318173	319175	328654	324763	335714	375121	406048	418626	421885	416138	410120	403271	402326	406010	415121	476969	565871	557445	508376	434789	371417
28/01/2013	331637	311495	305964	305263	320475	389258	461287	478168	516954	537881	547502	559707	551608	545034	551430	562729	563106	556893	594622	653395	630384	572921	496546	424516
29/01/2013	382482	363417	354401	353531	364763	425337	484954	481415	518473	550128	569362	573914	560064	560592	570038	570349	568788	552655	591762	661602	641077	584171	503462	436847
30/01/2013	391542	364198	355162	356477	372521	437987	491954	490093	528655	558795	576323	586266	568943	562369	571149	578461	565912	557605	589886	661182	642517	579070	509544	441461
31/01/2013	394454	376372	364543	357716	370148	421942	476791	465412	502491	530662	544290	551376	541514	535529	541984	544955	537648	524037	564603	626395	609675	567111	506213	436608
	365695	344679	333951	330651	338921	387945	426567	432907	471406	499636	514519	521848	511249	504297	508346	511614	504815	497999	551279	610672	595303	544468	476188	410692
01/02/2013	392964	370665	359511	355822	363085	414863	464836	482272	525872	556774	575029	586980	573914	569958	570496	567531	559416	549808	594712	630834	610904	555504	495094	439193
02/02/2013	397153	371309	362168	354651	358290	374971	375669	395465	438075	469594	488524	486938	480604	465556	454488	446980	445142	453876	497224	548884	532248	506790	448912	393838
03/02/2013	360670	337201	322384	323370	322569	328829	328001	341091	371157	400189	415265	417570	412685	411004	400348	396134	397312	397363	464509	531516	522905	488121	423235	362195
04/02/2013	326256	308377	299827	300889	313548	353918	412597	452053	508633	534444	558552	567129	564408	569322	575715	581867	576142	558754	606697	626855	606836	553321	489378	429070
05/02/2013	381483	363924	350211	348422	358725	393066	444559	482602	536493	577733	593696	593935	582244	572529	581030	583941	568963	553615	594457	639695	618592	570992	502224	429842
06/02/2013	386134	366256	356421	353528	358591	404526	458598	490389	540302	561588	571305	574868	576762	565436	565018	562866	534446	537585	587834	641836	620420	570613	496704	431763
07/02/2013	388416	362868	355993	348978	356741	397887	446635	478779	524722	539564	554519	556895	551957	541066	538697	545957	550355	544360	585477	632691	617197	573057	503523	435409
08/02/2013	392122	368322	354027	353633	359341	396413	446398	472456	521176	534377	555428	574038	554454	551249	558250	554899	549206	529339	564916	604966	569234	538113	490840	432518
09/02/2013	382411	360288	346390	344246	348416	354378	358877	368653	416283	445015	463884	460992	451693	439328	431858	427459	418599	415977	466611	513025	505188	473145	428521	383653
10/02/2013	347659	325296	314557	308905	303300	317115	311320	317820	349520	374072	386445	388964	377415	371854	373728	369610	370573	377724	431245	474536	462057	437286	390305	352225

11/02/2013	318997	305125	292892	290549	296192	307190	317600	328814	374501	399241	415616	420559	418927	414853	418348	417988	426631	422576	470352	522199	508964	474071	432488	386514
12/02/2013	356540	333744	326193	320631	323582	335307	328135	348718	393955	438051	466725	477439	464985	464022	454803	454845	453686	461126	517812	567049	552996	508243	450422	395800
13/02/2013	350050	340407	329101	327390	333064	369670	421883	450765	508970	549496	563810	577020	575221	558780	560105	566625	572654	580996	602902	627696	602373	555693	494110	429387
14/02/2013	384483	362302	346501	349775	355898	393111	434393	473067	525205	560567	571787	577253	571283	561842	561116	563568	556735	545187	575867	620846	596660	555738	498161	432364
15/02/2013	392811	364529	357873	352129	358592	388197	431865	469945	512899	534874	549638	552271	542553	530956	529486	536109	545601	535504	559807	610391	593600	553031	493880	433266
16/02/2013	388348	358775	348050	340655	342294	352985	353042	376265	421072	453606	472965	472927	468353	455845	436347	440034	434253	443834	487202	538518	526824	484242	433841	383994
17/02/2013	341549	315798	303940	299880	304315	317594	319901	327538	371071	396918	405225	375472	356456	354795	360901	362706	377760	394211	464078	531520	520676	470174	414570	354934
18/02/2013	315339	300870	289283	291562	300534	352954	419928	451912	501179	521727	537937	545314	534851	530870	543840	551833	548696	554155	579062	645914	630637	576597	504439	429615
19/02/2013	384318	358596	352876	347151	355562	424382	482915	490594	534969	560283	580398	585803	567321	555045	563083	565479	564806	558822	586380	639800	636069	582545	508437	436684
20/02/2013	385916	366293	353072	350060	363036	423616	482122	480062	520180	557145	570554	572895	550914	539908	547158	544984	552774	553267	582422	653389	634410	586254	513504	435974
21/02/2013	388365	364483	346299	348036	364829	424156	474727	484046	519530	530671	544257	549710	534715	527453	535441	538225	544694	546058	582482	650327	634643	583816	505440	436902
22/02/2013	392146	369716	358581	353669	362745	430678	484106	489921	521898	548141	570618	577761	559624	546004	556304	553933	545532	541381	580726	617630	596713	548926	495741	435571
23/02/2013	388374	365879	353247	347257	352085	368286	380065	407367	447694	481203	497951	500346	493629	481404	476015	461608	448631	445041	508349	552132	525347	493268	451309	397773
24/02/2013	356786	335894	321975	314981	316295	321419	316680	333820	378180	403051	421897	423550	419961	413661	402570	401864	401841	410765	471805	557238	554954	499215	429457	372249
25/02/2013	330744	312824	304072	303989	318129	386984	451499	451268	501249	539603	566803	570815	561179	545942	558630	561523	556928	547907	597802	648118	635681	574861	499601	425857
26/02/2013	387798	365234	356513	350078	353920	400777	466002	474241	497104	522912	538343	546165	531784	525918	535848	539541	533881	522850	576946	629631	609677	557232	483877	410558
27/02/2013	363954	342025	331048	327806	339152	405401	467237	467618	502357	528423	543895	550478	533952	528154	535411	544392	539839	524495	562953	623151	608580	556566	475508	406162
28/02/2013	360075	338823	330200	328309	339834	396001	456329	458270	492046	521563	535312	539667	527992	520887	530881	535569	536719	527951	564557	623959	607725	554522	476576	409930
	369352	347708	336543	333441	340095	376238	411997	430208	473439	501458	518442	522277	512137	504059	505568	506360	503993	501233	545185	596584	580075	535069	472504	410762
01/03/2013	363893	341102	329246	326432	339529	394836	454025	456528	491721	521060	536260	541786	527838	520676	522430	522632	514890	504429	549627	594212	576885	532448	466648	409520
02/03/2013	365755	339465	326633	318990	320492	334733	341907	370794	412717	437956	454550	456257	447891	437241	424996	414348	408345	419936	476403	524903	515443	475243	421996	371983
03/03/2013	328805	307057	295318	290413	291603	299874	294638	306577	343203	371205	387686	388188	384591	376061	368946	366869	370236	385622	460438	537702	537040	497776	427645	359989
04/03/2013	324378	308429	295544	296602	315310	382499	441157	455132	492504	512611	530574	542168	542286	546368	552880	561442	554982	543884	595544	641672	631396	575810	495636	428133
05/03/2013	377806	363504	345308	346622	359898	418868	466282	480458	520830	540198	555646	567099	550954	546592	558959	563680	560817	551862	599374	640913	619707	582924	505537	434860
06/03/2013	392252	364515	354769	351430	359692	436549	486556	487089	524014	555897	564140	578408	564809	558132	564076	570953	563986	548156	585752	649326	638637	586575	506330	431933
07/03/2013	386278	369693	361278	350813	357985	436839	489676	485895	522631	535867	544410	551574	536794	537480	558289	565919	556167	541304	583269	655404	640741	584120	508917	440880
08/03/2013	392608	368706	357182	351501	363022	434224	486132	480651	517610	547927	557158	576583	556114	551682	558404	555749	547165	531051	567891	621722	610878	563560	505581	442465
09/03/2013	394752	372523	354995	345680	351804	371236	368433	399581	435770	464118	488539	476154	469670	464760	459308	448936	445587	449516	502816	561350	547576	508539	451302	395125
10/03/2013	359556	339960	326550	320426	322648	329280	324605	340377	381186	402407	413396	422418	421088	411649	410148	420777	429351	437953	482176	555153	542074	492363	420305	355861
11/03/2013	323194	307657	299577	301024	314718	395044	449126	458415	501797	520213	539678	549012	533913	528574	538853	541480	548973	539287	582515	644842	634597	585118	483322	421590
12/03/2013	382615	367065	347276	350177	361694	426475	475023	476149	520674	547582	561371	575798	559250	551215	569447	568840	574406	553410	611851	665879	643045	587968	508052	439180
13/03/2013	392683	373171	362659	353880	373665	444553	499536	493539	522575	541409	566615	572594	553724	557700	564982	569240	565157	544128	605156	661687	640040	580541	511261	440935
14/03/2013	394476	374248	362974	357117	375502	442040	501160	494915	539799	556204	576542	582859	565662	559227	568208	580514	570445	566960	614635	658354	646466	587257	513572	438420
15/03/2013	391280	371832	359236	356038	369501	440370	496910	498682	528516	536432	547436	550156	536026	527958	538682	542589	544555	544210	581875	623817	592325	556322	492823	434407
16/03/2013	389445	368053	354433	351128	350894	371343	374940	400852	439551	470343	483881	485845	475101	466020	457287	454325	455176	459561	515056	541552	526737	491790	436776	388711
17/03/2013	342365	327985	323713	317252	319417	320364	317019	339191	372915	392351	415109	413625	411991	400831	399772	405654	414125	413345	488891	555431	543203	495998	422552	351809
18/03/2013	302995	301894	301150	298740	313692	391067	463209	472077	514382	544973	554585	562609	546216	545471	554172	563422	571332	575657	616668	652757	634649	577998	497973	427706
19/03/2013	379732	360084	351805	348681	361373	428670	481511	483152	528247	556016	574863	579180	561174	547930	562504	572308	565320	555446	611751	651644	641757	583047	501860	433787
20/03/2013	390254	364213	361537	355316	372175	438665	494895	498814	527689	560326	577903	582607	569612	565282	573605	577896	599209	590839	637963	660079	638343	575660	502389	431553
21/03/2013	390497	370908	359355	353471	366134	431185	496438	509370	540365	557495	564590	565498	548423	542109	547938	551096	563055	565156	614703	658273	637941	581088	507517	435076
22/03/2013	392379	369588	358482	355207	368632	431388	497348	490395	529784	559425	572364	581686	565170	554903	561634	565582	560278	565624	605219	617230	603954	557234	493210	433624
23/03/2013	386889	365357	349059	345281	349636	369095	372143	406903	445791	472029	488767	487243	481968	470220	454939	446422	437564	440640	515445	553028	549815	509627	458635	399117

24/03/2013	363911	340044	327171	323151	321578	333903	323302	342423	375696	413387	426349	423977	414460	412845	409328	418808	428747	437922	516805	557550	546570	498721	426243	366765
25/03/2013	321213	308840	303456	303872	321678	399515	456671	466774	502150	522796	541250	552364	538920	534122	544316	558421	576968	574637	630768	654260	639412	567930	474561	405189
26/03/2013	363135	333755	322805	324932	339003	404463	463655	472191	506439	535313	545371	553397	538092	532551	539085	539235	536500	539586	592095	628591	608475	549231	476955	402862
27/03/2013	360529	339537	330725	327713	340869	409819	459189	463453	499721	528402	534933	542592	525700	517509	527402	531011	525013	514955	574890	622361	609639	556098	480512	409368
28/03/2013	364359	344136	333364	328898	340942	395241	441909	449112	489223	517434	533560	538898	525781	515551	519253	512677	497638	488464	539079	574227	560131	516421	458071	394360
29/03/2013	350624	328700	316517	309420	310987	317547	291663	307766	347504	372282	386857	381376	370074	355658	344374	338970	337716	344852	412419	469589	461768	430885	383339	336638
30/03/2013	298653	276698	267423	263610	266666	277986	275139	309065	353104	385977	404975	404228	398029	390159	380537	376614	379340	383480	440271	495157	485737	446910	398985	350709
31/03/2013	314296	292560	280524	275359	276534	283666	270110	294666	333878	359601	373960	373494	369355	363614	359418	359647	364537	377556	454004	534360	523981	470480	397112	335097
	363923	343912	332905	329006	338622	386817	421107	431967	469742	494814	509784	514828	502925	496455	499812	502131	502180	499659	553721	602033	588031	538893	468891	404763
01/04/2013	297999	280156	272153	272585	289190	362932	426514	433124	475775	511682	533957	546852	531344	526977	537624	541280	537130	526205	578232	621688	605733	549917	472524	404137
02/04/2013	357788	335410	327252	323736	335583	400522	454506	462590	504426	537359	549526	557269	541026	531724	540597	544006	536274	531905	588875	632342	613928	558014	479150	407633
03/04/2013	360521	334965	326560	324518	339229	407496	462978	469897	506075	535282	548101	555309	541707	536508	541819	542648	537224	525832	582737	636253	621290	562198	485624	411000
04/04/2013	364078	341471	330014	326736	338999	404567	464078	469205	508926	536066	548930	555085	535057	528278	537458	534027	528591	525148	589483	631849	616347	557461	478270	408077
05/04/2013	361958	339289	328157	325015	337407	404904	455928	454785	492643	527829	543407	550257	533994	527833	535480	534796	524046	527226	580526	605929	584481	531661	471713	411932
06/04/2013	366046	340764	327310	322270	324484	339752	341146	372631	415555	441604	457031	458056	451560	437643	423444	417773	415704	411269	477254	539379	529366	487720	431055	377299
07/04/2013	338123	313315	300869	295387	296216	304588	290381	321319	361890	397440	417527	416986	413088	385518	380957	375322	376522	388537	471131	546663	536107	482981	411279	345297
08/04/2013	305001	287100	280157	279070	296553	372178	431381	436197	477827	512668	535483	547306	534814	527684	547681	558799	555737	549173	608508	654317	635376	581884	500522	428258
09/04/2013	366902	356627	351771	349279	363430	426078	479522	478167	524452	550194	569300	574196	554529	554699	563288	572041	573594	575127	630116	657956	643148	576392	498493	432022
10/04/2013	384405	367122	355138	350661	360917	435893	482075	481582	509733	553351	566957	577644	559469	556207	561425	568849	559566	559518	626172	660770	644664	579415	507923	434482
11/04/2013	393451	365678	358691	353267	369838	437098	484435	486816	521644	555653	570979	577119	568628	561187	570952	563139	582920	575713	615034	645588	625679	574453	498615	428531
12/04/2013	386948	367973	354240	356893	366777	434802	479750	489119	520570	537686	550534	556695	546932	539325	542907	541751	532959	523363	579828	623666	606853	564622	496656	436231
13/04/2013	391974	367722	356643	349092	353965	367664	374453	398324	442916	468770	488634	482629	479455	467547	453492	444131	437701	439430	505537	563167	548357	512417	455782	406207
14/04/2013	362490	340459	327214	325927	323179	332306	322358	345345	380435	416315	425779	427343	419789	413782	407653	404644	414370	427277	517763	573846	553093	502349	431565	368615
15/04/2013	330849	316387	308089	308154	324798	398184	459171	467822	505012	530539	544128	551417	539062	532008	555273	561967	557374	552028	617881	650003	619982	574225	498187	425643
16/04/2013	381190	360251	351443	348785	365641	431802	475613	485520	522111	557665	572667	578039	568292	560998	574032	576688	583750	587881	640262	659368	635828	583642	504377	434631
17/04/2013	389351	369433	354211	339393	344230	418714	460908	471931	512473	536329	556393	566435	561641	561579	574813	603955	609676	596510	622399	651201	634146	574369	499953	435678
18/04/2013	387955	365631	358153	355357	371588	440030	492231	489388	524761	532641	538664	548032	537690	543374	575197	591211	587636	580218	636902	644640	621552	565386	489900	431128
19/04/2013	391939	369294	361554	354204	365713	434138	485245	470628	502100	548306	564007	572077	555744	552723	562049	559291	564454	568444	608413	624451	600072	551420	488254	425230
20/04/2013	385191	361491	351384	344305	350021	363807	368830	399772	443154	463782	474201	477317	471408	458938	446672	434197	441927	464171	533994	556896	536929	496007	435797	394202
21/04/2013	352680	334446	322011	317859	318579	317859	292542	318363	366302	394132	418016	425784	424299	422278	409307	406815	407539	427880	508968	571209	552346	499080	426081	362517
22/04/2013	328630	314358	301990	299883	320549	393303	462249	465704	502492	522150	543608	554277	539343	531871	551451	572675	563449	561187	625843	653648	617363	573844	488229	406860
23/04/2013	373519	360345	356271	352098	364553	430350	474158	486414	528354	558907	571513	576778	562965	562857	582063	585046	589181	582393	637729	654611	634396	577380	496521	423801
24/04/2013	384025	365964	355830	352204	366965	438942	479169	488293	528535	560099	572944	577703	564881	557491	572296	568217	561376	553310	620508	669102	644628	587254	504078	435616
25/04/2013	385992	364456	357389	339051	360077	406735	446376	459233	503802	525689	551697	576265	557619	556291	560856	569103	562821	549288	623561	667953	643873	584784	511177	418746
26/04/2013	367117	349654	353028	355297	345992	408054	449515	458477	495349	519890	533019	546395	547689	529029	534420	535314	528441	516409	578606	611668	590253	556827	495594	439969
27/04/2013	396646	370704	359574	348519	354944	346277	355131	381400	417193	444732	460819	462364	455362	441690	429783	423859	416432	429766	494449	532117	518767	478603	425358	375638
28/04/2013	339635	317300	304432	296366	297039	306145	293847	320456	359855	386495	404499	402484	396602	389196	381315	381804	385827	394284	479481	543129	529807	476759	403726	341829
29/04/2013	306335	287965	281149	281045	297547	372721	426399	434456	482285	518217	538976	550065	539570	533522	545631	556070	569998	557481	604103	624922	602864	544038	470302	403215
30/04/2013	355051	334564	325735	325248	338958	401078	445933	460454	506074	532332	541039	544891	534591	528595	539343	543354	538580	523363	577757	616895	597712	546124	474077	407402
	363126	342677	333280	329073	339432	391297	427227	438580	478091	507127	523078	529769	518938	511912	517976	520426	519360	517678	578735	617508	598165	546374	474359	408728

ABONADOS EMPRESA ELECTRICA QUITO (2012) USUARIO TIPO RESIDENCIAL											
ABR 2012	MAYO 2012	JUNIO 2012	JULIO 2012	AGOS 2012	SEPT 2012	OCT 2012	NOV 2012	DIC 2012	ENE 2013	FEBR 2013	MAR 2013
901686	904905	908043	911349	914990	919177	922140	924996	927847	930106	933154	937069

ANEXO K

CALCULO DE ENERGIA PROMEDIO DE LA EMPRESA ELECTRICA QUITO

ABRIL 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	348.895,98	0,39
	2	328.350,77	0,36
	3	318.205,88	0,35
	4	315.822,52	0,35
	5	324.153,49	0,36
	6	366.481,32	0,41
	7	399.255,60	0,44
	8	417.385,75	0,46
	9	456.150,36	0,51
	10	482.606,86	0,54
	11	495.323,83	0,55
	12	498.448,68	0,55
	13	488.777,07	0,54
	14	480.784,13	0,53
	15	484.613,77	0,54
	16	488.607,55	0,54
	17	488.992,61	0,54
	18	487.996,05	0,54
	19	545.594,68	0,61
	20	578.609,34	0,64
	21	562.804,69	0,62
	22	515.056,89	0,57
	23	450.719,48	0,50
	24	389.654,68	0,43
Total Kwh/día			11,88
Kwh/mes			356,44

MAYO 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	352.698,68	0,39
	2	333.393,96	0,37
	3	321.693,42	0,36
	4	318.700,31	0,35
	5	328.680,99	0,36
	6	376.353,98	0,42
	7	408.800,93	0,45
	8	423.036,84	0,47
	9	458.519,79	0,51
	10	485.827,98	0,54
	11	497.789,47	0,55
	12	503.578,43	0,56
	13	491.381,38	0,54
	14	483.560,80	0,53
	15	486.787,67	0,54
	16	489.735,60	0,54
	17	490.445,75	0,54
	18	488.459,53	0,54
	19	552.804,67	0,61
	20	588.940,68	0,65
	21	571.404,83	0,63
	22	522.560,03	0,58
	23	455.308,59	0,50
	24	392.452,90	0,43
Total Kwh/día			11,96
Kwh/mes			370,77

JUNIO 2102	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	356.582,35	0,39
	2	337.006,42	0,37
	3	326.524,75	0,36
	4	322.861,76	0,36
	5	330.326,59	0,36
	6	372.554,96	0,41
	7	407.427,37	0,45
	8	428.409,39	0,47
	9	467.077,42	0,51
	10	492.792,69	0,54
	11	505.695,01	0,56
	12	509.940,67	0,56
	13	499.915,70	0,55
	14	491.829,36	0,54
	15	495.576,96	0,55
	16	497.422,19	0,55
	17	492.692,43	0,54
	18	487.938,57	0,54
	19	547.720,50	0,60
	20	589.187,78	0,65
	21	570.901,56	0,63
	22	523.030,36	0,58
	23	456.792,14	0,50
	24	394.813,24	0,43
Total Kwh/día			12,01
Kwh/mes			360,28

JULIO 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	357.653,16	0,39
	2	337.300,37	0,37
	3	326.974,03	0,36
	4	322.495,26	0,35
	5	329.565,36	0,36
	6	358.943,78	0,39
	7	387.716,38	0,43
	8	424.680,51	0,47
	9	465.748,15	0,51
	10	493.398,28	0,54
	11	507.911,95	0,56
	12	512.166,00	0,56
	13	506.216,94	0,56
	14	496.344,54	0,54
	15	494.848,41	0,54
	16	494.714,71	0,54
	17	492.523,53	0,54
	18	482.883,80	0,53
	19	532.762,80	0,58
	20	585.004,92	0,64
	21	567.697,27	0,62
	22	522.531,32	0,57
	23	459.505,50	0,50
	24	398.681,87	0,44
Total Kwh/día			11,91
Kwh/mes			369,35

AGOSTO 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	357.300,15	0,39
	2	335.519,71	0,37
	3	325.648,27	0,36
	4	322.191,44	0,35
	5	327.351,39	0,36
	6	353.345,61	0,39
	7	380.912,35	0,42
	8	416.652,63	0,46
	9	462.834,78	0,51
	10	491.394,98	0,54
	11	505.378,52	0,55
	12	508.336,19	0,56
	13	500.942,01	0,55
	14	490.330,59	0,54
	15	491.397,60	0,54
	16	491.924,52	0,54
	17	486.632,48	0,53
	18	479.392,73	0,52
	19	530.638,43	0,58
	20	577.447,63	0,63
	21	561.744,56	0,61
	22	518.000,68	0,57
	23	456.939,21	0,50
	24	398.371,36	0,44
Total Kwh/día			11,77
Kwh/mes			364,91

SEPTIEMBRE 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	359.706,22	0,39
	2	339.868,92	0,37
	3	329.000,95	0,36
	4	325.037,81	0,35
	5	333.483,68	0,36
	6	382.250,61	0,42
	7	408.365,15	0,44
	8	423.886,24	0,46
	9	462.327,92	0,50
	10	488.393,84	0,53
	11	504.430,86	0,55
	12	508.316,41	0,55
	13	496.958,94	0,54
	14	489.317,76	0,53
	15	493.335,48	0,54
	16	495.963,96	0,54
	17	495.073,29	0,54
	18	493.879,78	0,54
	19	558.744,31	0,61
	20	598.869,39	0,65
	21	580.465,56	0,63
	22	529.832,06	0,58
	23	460.668,58	0,50
	24	397.298,64	0,43
Total Kwh/día			11,92
Kwh/mes			357,56

OCTUBRE 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	361.511,90	0,39
	2	341.529,08	0,37
	3	329.970,52	0,36
	4	327.858,26	0,36
	5	338.570,01	0,37
	6	391.926,35	0,43
	7	421.629,06	0,46
	8	435.574,08	0,47
	9	474.893,61	0,51
	10	500.936,66	0,54
	11	514.247,15	0,56
	12	520.331,58	0,56
	13	506.826,13	0,55
	14	498.616,82	0,54
	15	504.771,89	0,55
	16	511.219,87	0,55
	17	512.901,97	0,56
	18	521.835,28	0,57
	19	590.255,25	0,64
	20	608.125,83	0,66
	21	586.301,71	0,64
	22	534.205,04	0,58
	23	464.250,58	0,50
	24	402.651,25	0,44
Total		Kwh/día	12,15
		Kwh/mes	376,55

NOVIEMBRE 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	366.115,14	0,40
	2	345.050,26	0,37
	3	335.054,80	0,36
	4	331.338,74	0,36
	5	341.395,42	0,37
	6	392.895,48	0,42
	7	423.656,60	0,46
	8	436.144,44	0,47
	9	472.795,09	0,51
	10	499.513,22	0,54
	11	512.543,02	0,55
	12	518.721,94	0,56
	13	505.894,73	0,55
	14	500.036,09	0,54
	15	507.679,01	0,55
	16	512.269,01	0,55
	17	505.924,48	0,55
	18	512.415,99	0,55
	19	584.425,77	0,63
	20	604.440,43	0,65
	21	582.447,34	0,63
	22	533.229,70	0,58
	23	466.558,62	0,50
	24	405.788,53	0,44
Total		Kwh/día	12,10
		Kwh/mes	363,13

DICIEMBRE 2012	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	360.922,33	0,39
	2	337.273,32	0,36
	3	325.035,18	0,35
	4	319.909,87	0,34
	5	326.228,26	0,35
	6	366.075,30	0,39
	7	388.880,52	0,42
	8	406.591,36	0,44
	9	445.392,98	0,48
	10	470.704,45	0,51
	11	485.469,58	0,52
	12	489.632,38	0,53
	13	479.375,15	0,52
	14	471.243,55	0,51
	15	471.479,80	0,51
	16	471.107,93	0,51
	17	471.055,38	0,51
	18	474.438,54	0,51
	19	544.612,74	0,59
	20	587.290,64	0,63
	21	570.662,99	0,62
	22	527.063,04	0,57
	23	463.271,39	0,50
	24	401.185,47	0,43
Total		Kwh/día	11,48
		Kwh/mes	344,50

ENERO 2013	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	365.695,39	0,39
	2	344.678,53	0,37
	3	333.950,65	0,36
	4	330.651,24	0,36
	5	338.921,14	0,36
	6	387.945,18	0,42
	7	426.567,00	0,46
	8	432.906,91	0,47
	9	471.405,94	0,51
	10	499.636,31	0,54
	11	514.518,86	0,55
	12	521.848,01	0,56
	13	511.248,76	0,55
	14	504.296,72	0,54
	15	508.346,11	0,55
	16	511.613,88	0,55
	17	504.815,18	0,54
	18	497.998,89	0,54
	19	551.279,19	0,59
	20	610.672,48	0,66
	21	595.303,10	0,64
	22	544.468,46	0,59
	23	476.187,67	0,51
	24	410.692,22	0,44
Total Kwh/día			12,04
Kwh/mes			373,15

FEBRERO 2013	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	369.352,15	0,40
	2	347.707,91	0,37
	3	336.542,96	0,36
	4	333.441,15	0,36
	5	340.095,06	0,36
	6	376.238,33	0,40
	7	411.997,04	0,44
	8	430.207,59	0,46
	9	473.439,03	0,51
	10	501.458,01	0,54
	11	518.442,14	0,56
	12	522.276,97	0,56
	13	512.136,94	0,55
	14	504.058,51	0,54
	15	505.568,39	0,54
	16	506.359,70	0,54
	17	503.993,42	0,54
	18	501.233,08	0,54
	19	545.185,12	0,58
	20	596.583,74	0,64
	21	580.075,33	0,62
	22	535.069,16	0,57
	23	472.503,52	0,51
	24	410.762,12	0,44
Total Kwh/día			11,93
Kwh/mes			334,11

MARZO 2013	hora	DEMANDA TOTAL	DEMANDA EEQ
	1	363.922,82	0,39
	2	343.912,19	0,37
	3	332.905,32	0,36
	4	329.005,76	0,35
	5	338.621,72	0,36
	6	386.817,23	0,41
	7	421.106,65	0,45
	8	431.967,23	0,46
	9	469.741,53	0,50
	10	494.814,12	0,53
	11	509.784,44	0,54
	12	514.828,18	0,55
	13	502.925,04	0,54
	14	496.454,55	0,53
	15	499.811,88	0,53
	16	502.130,84	0,54
	17	502.180,12	0,54
	18	499.658,96	0,53
	19	553.720,96	0,59
	20	602.033,06	0,64
	21	588.031,06	0,63
	22	538.892,90	0,58
	23	468.890,89	0,50
	24	404.762,97	0,43
Total Kwh/día			11,84
Kwh/mes			367,11

ANEXO L

**DETERMINACION DE LA RADIACION SOLAR PARA EL
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

Día/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
ENERO	2013				
17/01/2013 1:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 2:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 3:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 4:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 5:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 6:00	0,1	9	0,0009	0,0095	0,000418
17/01/2013 7:00	20	9	0,18	1,9	0,0836
17/01/2013 8:00	51,7	9	0,4653	4,9115	0,216106
17/01/2013 9:00	94,5	9	0,8505	8,9775	0,39501
17/01/2013 10:00	151,5	9	1,3635	14,3925	0,63327
17/01/2013 11:00	595,9	9	5,3631	56,6105	2,490862
17/01/2013 12:00	730,8	9	6,5772	69,426	3,054744
17/01/2013 13:00	813,1	9	7,3179	77,2445	3,398758
17/01/2013 14:00	878,8	9	7,9092	83,486	3,673384
17/01/2013 15:00	635,5	9	5,7195	60,3725	2,65639
17/01/2013 16:00	550,3	9	4,9527	52,2785	2,300254
17/01/2013 17:00	238,3	9	2,1447	22,6385	0,996094
17/01/2013 18:00	6,9	9	0,0621	0,6555	0,028842
17/01/2013 19:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 20:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 21:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 22:00	0	9	0	0	0
17/01/2013 23:00	0	9	0	0	0
18/01/2013 0:00	0	9	0	0	0
			3,300507692	Kwh/día	19,927732
				Kwh/mes	617,759692

Día/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
FEBRERO	2013				
16/02/2013 1:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 2:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 3:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 4:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 5:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 6:00	0,4	9	0,0036	0,038	0,001672
16/02/2013 7:00	113,7	9	1,0233	10,8015	0,475266
16/02/2013 8:00	488,7	9	4,3983	46,4265	2,042766
16/02/2013 9:00	591,1	9	5,3199	56,1545	2,470798
16/02/2013 10:00	791,8	9	7,1262	75,221	3,309724
16/02/2013 11:00	898,1	9	8,0829	85,3195	3,754058
16/02/2013 12:00	939,7	9	8,4573	89,2715	3,927946
16/02/2013 13:00	920,9	9	8,2881	87,4855	3,849362
16/02/2013 14:00	836,5	9	7,5285	79,4675	3,49657
16/02/2013 15:00	689,2	9	6,2028	65,474	2,880856
16/02/2013 16:00	466,4	9	4,1976	44,308	1,949552
16/02/2013 17:00	186,5	9	1,6785	17,7175	0,77957
16/02/2013 18:00	11	9	0,099	1,045	0,04598
16/02/2013 19:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 20:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 21:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 22:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 23:00	0	9	0	0	0
16/02/2013 0:00	0	9	0	0	0
			4,800461538	Kwh/día	28,98412
				Kwh/mes	811,55536

Dia/hora de medida	Irradianciasolar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
MARZO	2013				
16/03/2013 1:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 2:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 3:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 4:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 5:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 6:00	0,5	9	0,0045	0,0475	0,00209
16/03/2013 7:00	24,1	9	0,2169	2,2895	0,100738
16/03/2013 8:00	57,9	9	0,5211	5,5005	0,242022
16/03/2013 9:00	114,4	9	1,0296	10,868	0,478192
16/03/2013 10:00	279	9	2,511	26,505	1,16622
16/03/2013 11:00	247,8	9	2,2302	23,541	1,035804
16/03/2013 12:00	483,7	9	4,3533	45,9515	2,021866
16/03/2013 13:00	794	9	7,146	75,43	3,31892
16/03/2013 14:00	698,2	9	6,2838	66,329	2,918476
16/03/2013 15:00	581,5	9	5,2335	55,2425	2,43067
16/03/2013 16:00	493	9	4,437	46,835	2,06074
16/03/2013 17:00	387,8	9	3,4902	36,841	1,621004
16/03/2013 18:00	4,3	9	0,0387	0,4085	0,017974
16/03/2013 19:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 20:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 21:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 22:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 23:00	0	9	0	0	0
16/03/2013 0:00	0	9	0	0	0

2,884292308 Kwh/día 17,414716

Kwh/mes 522,44148

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
ABRIL	2012				
15/04/2013 1:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 2:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 3:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 4:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 5:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 6:00	20,00	9	0,18	1,90	0,08
15/04/2013 7:00	112,20	9	1,0098	10,66	0,47
15/04/2013 8:00	129,80	9	1,1682	12,33	0,54
15/04/2013 9:00	277,40	9	2,4966	26,35	1,16
15/04/2013 10:00	302,10	9	2,7189	28,70	1,26
15/04/2013 11:00	495,23	9	4,45707	47,05	2,07
15/04/2013 12:00	530,20	9	4,7718	50,37	2,22
15/04/2013 13:00	489,67	9	4,40703	46,52	2,05
15/04/2013 14:00	510,89	9	4,59801	48,53	2,14
15/04/2013 15:00	356,70	9	3,2103	33,89	1,49
15/04/2013 16:00	153,00	9	1,377	14,54	0,64
15/04/2013 17:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 18:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 19:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 20:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 21:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 22:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 23:00	0,00	9	0	0,00	0,00
15/04/2013 0:00	0,00	9	0	0,00	0,00

307,02 2,763155455 Kwh/día 14,12

Kwh/mes 423,499626

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
MAYO	2012				
15/05/2013 1:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 2:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 3:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 4:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 5:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 6:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 7:00	10,4	9	0,0936	0,988	0,043472
15/05/2013 8:00	22,6	9	0,2034	2,147	0,094468
15/05/2013 9:00	54,6	9	0,4914	5,187	0,228228
15/05/2013 10:00	223,8	9	2,0142	21,261	0,935484
15/05/2013 11:00	391,4	9	3,5226	37,183	1,636052
15/05/2013 12:00	468	9	4,212	44,46	1,95624
15/05/2013 13:00	442,7	9	3,9843	42,0565	1,850486
15/05/2013 14:00	786,5	9	7,0785	74,7175	3,28757
15/05/2013 15:00	884,8	9	7,9632	84,056	3,698464
15/05/2013 16:00	787	9	7,083	74,765	3,28966
15/05/2013 17:00	621,4	9	5,5926	59,033	2,597452
15/05/2013 18:00	276,8	9	2,4912	26,296	1,157024
15/05/2013 19:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 20:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 21:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 22:00	0	9	0	0	0
15/05/2013 23:00	0	9	0	0	0
16/05/2013 0:00	0	9	0	0	0
			3,7275	Kwh/día	20,7746
				Kwh/mes	623,238

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas de sol promedio	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
JUNIO	2012				
11/06/2012 1:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 2:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 3:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 4:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 5:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 6:00	2,8	9	0,0252	0,266	0,011704
11/06/2012 7:00	36,3	9	0,3267	3,4485	0,151734
11/06/2012 8:00	84,5	9	0,7605	8,0275	0,35321
11/06/2012 9:00	409,3	9	3,6837	38,8835	1,710874
11/06/2012 10:00	479,67	9	4,31703	45,56865	2,0050206
11/06/2012 11:00	534,4	9	4,8096	50,768	2,233792
11/06/2012 12:00	671,4	9	6,0426	63,783	2,806452
11/06/2012 13:00	879,5	9	7,9155	83,5525	3,67631
11/06/2012 14:00	860,3	9	7,7427	81,7285	3,596054
11/06/2012 15:00	598,3	9	5,3847	56,8385	2,500894
11/06/2012 16:00	398,1	9	3,5829	37,8195	1,664058
11/06/2012 17:00	188	9	1,692	17,86	0,78584
11/06/2012 18:00	9,2	9	0,0828	0,874	0,038456
11/06/2012 19:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 20:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 21:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 22:00	0	9	0	0	0
11/06/2012 23:00	0	9	0	0	0
12/06/2012 0:00	0	9	0	0	0
			3,56661	Kwh/día	21,5343986
				Kwh/mes	646,031958

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
JULIO	2012				
17/07/2013 1:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 2:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 3:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 4:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 5:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 6:00	4,9	9	0,0441	0,4655	0,020482
17/07/2013 7:00	37,5	9	0,3375	3,5625	0,15675
17/07/2013 8:00	104,1	9	0,9369	9,8895	0,435138
17/07/2013 9:00	206,2	9	1,8558	19,589	0,861916
17/07/2013 10:00	352,2	9	3,1698	33,459	1,472196
17/07/2013 11:00	922,1	9	8,2989	87,5995	3,854378
17/07/2013 12:00	899,9	9	8,0991	85,4905	3,761582
17/07/2013 13:00	862,3	9	7,7607	81,9185	3,604414
17/07/2013 14:00	757,7	9	6,8193	71,9815	3,167186
17/07/2013 15:00	602	9	5,418	57,19	2,51636
17/07/2013 16:00	401,3	9	3,6117	38,1235	1,677434
17/07/2013 17:00	191,1	9	1,7199	18,1545	0,798798
17/07/2013 18:00	10,6	9	0,0954	1,007	0,044308
17/07/2013 19:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 20:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 21:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 22:00	0	9	0	0	0
17/07/2013 23:00	0	9	0	0	0
18/07/2013 0:00	0	9	0	0	0
			3,705161538	Kwh/día	22,370942
				Kwh/mes	671,12826

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV
AGOSTO	2012				
16/08/2012 1:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 2:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 3:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 4:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 5:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 6:00	0,1	9	0,0009	0,0095	0,000418
16/08/2012 7:00	15,3	9	0,1377	1,4535	0,063954
16/08/2012 8:00	55,4	9	0,4986	5,263	0,231572
16/08/2012 9:00	503,9	9	4,5351	47,8705	2,106302
16/08/2012 10:00	662,2	9	5,9598	62,909	2,767996
16/08/2012 11:00	876,6	9	7,8894	83,277	3,664188
16/08/2012 12:00	1007,6	9	9,0684	95,722	4,211768
16/08/2012 13:00	944,2	9	8,4978	89,699	3,946756
16/08/2012 14:00	818,5	9	7,3665	77,7575	3,42133
16/08/2012 15:00	604,8	9	5,4432	57,456	2,528064
16/08/2012 16:00	582,7	9	5,2443	55,3565	2,435686
16/08/2012 17:00	112,7	9	1,0143	10,7065	0,471086
16/08/2012 18:00	0,4	9	0,0036	0,038	0,001672
16/08/2012 19:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 20:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 21:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 22:00	0	9	0	0	0
16/08/2012 23:00	0	9	0	0	0
17/08/2012 0:00	0	9	0	0	0
			4,281507692	Kwh/día	25,850792
				Kwh/mes	775,52376

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV (kW)
SEPTIEMBRE	2012				
15/09/2012 1:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 2:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 3:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 4:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 5:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 6:00	0,3	9	0,0027	0,0285	0,001254
15/09/2012 7:00	114,2	9	1,0278	10,849	0,477356
15/09/2012 8:00	390,3	9	3,5127	37,0785	1,631454
15/09/2012 9:00	591,9	9	5,3271	56,2305	2,474142
15/09/2012 10:00	763,9	9	6,8751	72,5705	3,193102
15/09/2012 11:00	879,4	9	7,9146	83,543	3,675892
15/09/2012 12:00	926,5	9	8,3385	88,0175	3,87277
15/09/2012 13:00	901,7	9	8,1153	85,6615	3,769106
15/09/2012 14:00	772,2	9	6,9498	73,359	3,227796
15/09/2012 15:00	657,8	9	5,9202	62,491	2,749604
15/09/2012 16:00	464,5	9	4,1805	44,1275	1,94161
15/09/2012 17:00	206,7	9	1,8603	19,6365	0,864006
15/09/2012 18:00	3,4	9	0,0306	0,323	0,014212
15/09/2012 19:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 20:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 21:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 22:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 23:00	0	9	0	0	0
15/09/2012 0:00	0	9	0	0	0
			4,619630769	Kwh/día	27,892304
				Kwh/mes	836,76912

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV
OCTUBRE	2012				
15/10/2012 1:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 2:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 3:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 4:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 5:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 6:00	4,7	9	0,0423	0,4465	0,019646
15/10/2012 7:00	115,2	9	1,0368	10,944	0,481536
15/10/2012 8:00	124,6	9	1,1214	11,837	0,520828
15/10/2012 9:00	319,5	9	2,8755	30,3525	1,33551
15/10/2012 10:00	372,2	9	3,3498	35,359	1,555796
15/10/2012 11:00	387,2	9	3,4848	36,784	1,618496
15/10/2012 12:00	401,2	9	3,6108	38,114	1,677016
15/10/2012 13:00	581,5	9	5,2335	55,2425	2,43067
15/10/2012 14:00	784,4	9	7,0596	74,518	3,278792
15/10/2012 15:00	320,7	9	2,8863	30,4665	1,340526
15/10/2012 16:00	183,6	9	1,6524	17,442	0,767448
15/10/2012 17:00	21,3	9	0,1917	2,0235	0,089034
15/10/2012 18:00	6,5	9	0,0585	0,6175	0,02717
15/10/2012 19:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 20:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 21:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 22:00	0	9	0	0	0
15/10/2012 23:00	0	9	0	0	0
16/10/2012 0:00	0	9	0	0	0
			2,507953846	Kwh/día	15,142468
				Kwh/mes	454,27404

Dia/hora de medida	Irradianciasolar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV
NOVIEMBRE	2012				
14/11/2012 1:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 2:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 3:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 4:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 5:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 6:00	4,8	9	0,0432	0,456	0,020064
14/11/2012 7:00	20,9	9	0,1881	1,9855	0,087362
14/11/2012 8:00	219,9	9	1,9791	20,8905	0,919182
14/11/2012 9:00	253,3	9	2,2797	24,0635	1,058794
14/11/2012 10:00	654,9	9	5,8941	62,2155	2,737482
14/11/2012 11:00	593,5	9	5,3415	56,3825	2,48083
14/11/2012 12:00	843,8	9	7,5942	80,161	3,527084
14/11/2012 13:00	718,2	9	6,4638	68,229	3,002076
14/11/2012 14:00	410,4	9	3,6936	38,988	1,715472
14/11/2012 15:00	365,9	9	3,2931	34,7605	1,529462
14/11/2012 16:00	199,2	9	1,7928	18,924	0,832656
14/11/2012 17:00	45,8	9	0,4122	4,351	0,191444
14/11/2012 18:00	6,3	9	0,0567	0,5985	0,026334
14/11/2012 19:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 20:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 21:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 22:00	0	9	0	0	0
14/11/2012 23:00	0	9	0	0	0
15/11/2012 0:00	0	9	0	0	0
			3,002469231	Kwh/día	18,128242
				Kwh/mes	543,84726

Dia/hora de medida	Irradiancia solar (W/m2)	Horas promedio de sol	Radiacion solar (kWh/m²)	Potencia genera un panel 95 (Wp)	Potencia generada por la instalacion SFV
DICIEMBRE	2012				
10/12/2012 1:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 2:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 3:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 4:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 5:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 6:00	21,4	9	0,1926	2,033	0,089452
10/12/2012 7:00	29,8	9	0,2682	2,831	0,124564
10/12/2012 8:00	105,8	9	0,9522	10,051	0,442244
10/12/2012 9:00	196,9	9	1,7721	18,7055	0,823042
10/12/2012 10:00	489,3	9	4,4037	46,4835	2,045274
10/12/2012 11:00	610,7	9	5,4963	58,0165	2,552726
10/12/2012 12:00	947,1	9	8,5239	89,9745	3,958878
10/12/2012 13:00	827,5	9	7,4475	78,6125	3,45895
10/12/2012 14:00	865,5	9	7,7895	82,2225	3,61779
10/12/2012 15:00	589,5	9	5,3055	56,0025	2,46411
10/12/2012 16:00	481,4	9	4,3326	45,733	2,012252
10/12/2012 17:00	166,8	9	1,5012	15,846	0,697224
10/12/2012 18:00	14,6	9	0,1314	1,387	0,061028
10/12/2012 19:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 20:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 21:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 22:00	0	9	0	0	0
10/12/2012 23:00	0	9	0	0	0
11/12/2012 0:00	0	9	0	0	0
			3,701284615	Kwh/día	22,347534
				Kwh/mes	670,42602

